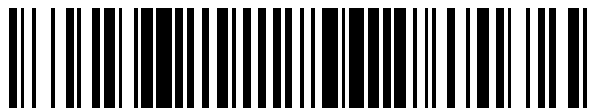


19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 401 825**

21 Número de solicitud: 201131491

51 Int. Cl.:

G06F 1/32 (2006.01)**H02J 3/14** (2006.01)**H04L 12/28** (2006.01)**G01R 21/06** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

14.09.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

24.04.2013

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2012/070647

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)
C/ Serrano, 117
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

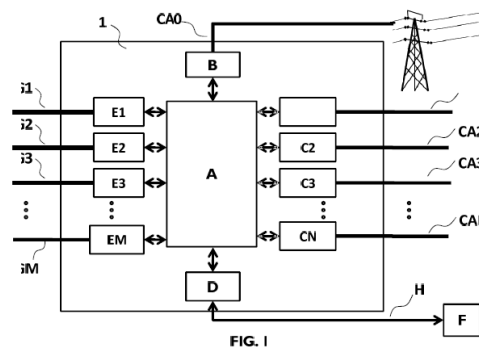
**CAMPANELLA PINEDA, Humberto y
ESTEVE TINTÓ, Jaume**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier54 Título: **ENCHUFE INTELIGENTE PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL EN REDES ELÉCTRICAS
INTELIGENTES**

57 Resumen:

El objeto de la presente invención es proporcionar un enchufe inteligente capaz de conectar electrodomésticos y/o equipos industriales a través de una o más tomas, detectar el consumo de potencia de los aparatos conectados, comunicarse a través de unidades de control y comunicación a componentes internos y a aparatos externos de control de alimentación, y seleccionar a través de un mecanismo de conmutación electrónica interna la fuente de energía más conveniente de entre un conjunto de fuentes de suministro de energía eléctrica, convencionales y no convencionales, con el fin de optimizar recursos energéticos, dando prioridad a las fuentes de energía más convenientes, de acuerdo con criterios de coste de la energía.



DESCRIPCIÓN

Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes

SECTOR DE LA TÉCNICA

5 El campo de la presente invención se refiere a energía, y más concretamente a la distribución de energía doméstica e industrial, y es aplicable a todos los usuarios que tienen como objetivo la optimización del consumo de potencia y la priorización de fuentes de energía más baratas y eficientes. Más específicamente, la presente invención se refiere a sistemas y circuitos electrónicos y su aplicación a sistemas de ahorro de energía.

ESTADO DE LA TÉCNICA

10 Hay un interés comercial y social en el ahorro de energía y hacer uso más eficiente de los recursos. En particular, ahorrar energía eléctrica en los hogares y las instalaciones industriales es uno de los principales temas abordados por individuos y empresas. Además, la liberalización de los mercados energéticos y la presencia creciente de fuentes de energía no convencionales han permitido a los usuarios finales elegir a sus operadores de energía o, al menos, los distribuidores y comercializadores de energía eléctrica. El control inteligente en el nivel de aparato a través de dispositivos inteligentes está ganando cada vez más espacio en el ámbito de ahorro de energía y control. Estos dispositivos pueden ser meros medios de supervisión, o pueden controlar los aparatos conectados, activándolos o desactivándolos.

20 Un primer grupo de dispositivos desarrolla el concepto de lo que se conoce como medidor inteligente. Entre ellos, se encuentra el dispositivo e-CLiPs, que es un enchufe inteligente de ahorro de energía ideado por Woods y Fitz en la Universidad de Essex, Reino Unido [Woods]. El e-CLiPs es una toma doméstica capaz de transmitir datos estadísticos sobre el consumo de potencia de los aparatos conectados a ésta en una instalación doméstica, los que se centralizan y muestran en un panel de control central. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y el e-CLiPs es que nuestra toma inteligente, además de sensar potencia como hace la e-CLiPs, adicionalmente realiza acciones de control y selecciona la red de suministro de energía más conveniente según criterios de costo energético.

25 Los sistemas y dispositivos del segundo grupo ejecutan acciones de control en las instalaciones del usuario, midiendo, activando o desactivando las conexiones a los aparatos. Por ejemplo, el Smart Wire-Devices (DSC) es un sistema de administración de energía concebido por Masters et al. que integra circuitos electrónicos para medir el consumo de potencia eléctrica y transmite a distancia los datos a un procesador de señal [Master]. El SWD es controlado remotamente e instalable en una micro-red (grid) doméstica e incluye un nodo de administración que opera un interruptor o relé siguiendo instrucciones a control remoto para cambiar la potencia eléctrica entregada al aparato conectado. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y el SWD es que nuestra toma inteligente sensa y controla localmente la conexión del aparato a una fuente de energía de entre una variedad de redes disponibles, mientras que el SWD funciona sobre la base de una sola fuente.

35 Otro ejemplo es el atenuador de corriente inteligente para conservación de energía en aparatos, por Heilman et al., donde una red de aparatos que cuenta con al menos un dispositivo, un controlador de energía, por lo menos un regulador inteligente y un adaptador inteligente, y una red de comunicaciones que acopla dichos componentes con el propósito de ahorrar energía sobre una base de programación de tiempos, mediante la activación o desactivación de los aparatos de acuerdo a tareas operativas, como tiempos de cocción, lavado de tiempos, etc. [Heilman]. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y la de Heilman et al. es que nuestra toma de control inteligente realiza el control sobre una base el consumo de energía, al conmutar entre diferentes redes de suministro de energía, seleccionando la que sea más conveniente en términos de costos y/o eficiencia.

40 Las tomas eléctricas inteligentes y redes eléctricas asociadas de Chapel et al. permiten la ejecución inteligente de apagones, caídas de tensión, otras acciones de control en materia de control de calidad de la energía entregada a los aparatos, y el control remoto de los mismos [Chapel]. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y la de Chapel et al. es que nuestro enchufe inteligente conmuta entre redes múltiples para seleccionar la más conveniente, mientras que la de Chapel se limita a analizar la calidad de una única red dada.

45 Otros ejemplos son el enchufe inteligente de arquitectura cliente-servidor y el aparato inteligente de control de potencia de arquitectura cliente-servidor, por Chang et al. [Chang1, chang2]. Así, la arquitectura cliente-servidor permite la activación o desactivación de los aparatos eléctricos conectados al enchufe inteligente construyendo una jerarquía en la que los aparatos esclavos se desactivan si el aparato maestro se apaga u opera en stand-by, por ejemplo. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y las de Chang et al. es que nuestra toma inteligente no es jerárquica, es decir, los aparatos conectados son independientes entre ellos, y lo que se controla es la conexión a las fuentes de energía, y no el esquema de conexión del aparato y otros aparatos en la red.

55 El aparato, sistema y métodos para reducir el consumo de energía en una red de Cohen [Cohen] está compuesto por un sistema de gestión y los aparatos, cada uno compuesto por una unidad de mediciones, una unidad de procesamiento, una unidad (opcional) de comunicaciones y una unidad de control, de manera que cada aparato se conecta a una toma de corriente eléctrica y se asocia con uno o un grupo de electrodomésticos. El sistema de Cohen

mide los parámetros eléctricos a la salida de la toma, y la unidad de procesamiento analiza los parámetros eléctricos medidos, detectando diversas características de los electrodomésticos conectados y gestionando el consumo de energía de la red. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y el sistema de Cohen es que nuestra toma inteligente tiene capacidades de selección de fuente de energía y de manejo de múltiples redes para seleccionar la red de suministro de energía más conveniente, mientras que Cohen gestiona el consumo de energía de una sola red.

El dispositivo de vigilancia y control por Sharood et al. [Sharood] se acopla con el electrodoméstico o aparato conectado para supervisar su consumo de energía, proporcionar datos sobre la potencia medida y tomar acciones de control sobre su funcionamiento. La principal diferencia entre el enchufe inteligente objeto de la presente invención y el dispositivo de Sharood es que nuestra toma inteligente tiene capacidades de selección de fuente de energía y de manejo de múltiples redes para seleccionar la red de suministro de energía más conveniente, mientras que el sistema de Sharood se centra en el seguimiento y la gestión de aparatos en una única red.

Referencias citadas:

[Chang1] C.-M. Chang, C.-P. Chen, W.-K. Hsieh, and W.-C. Ho. "Smart client-server socket", by Chang et al. U.S. patent application publication no. 2009/0150509 A1, Jun. 11, 2009.

[Chang2] C.-M. Chang, C.-P. Chen, W.-K. Hsieh, and W.-C. Ho. "Smart client-server power control apparatus", U.S. patent 7,769,857 B2, Aug. 3, 2010.

[Chapel] S. Chapel and W. Pachoud, "Smart electrical outlets and associated networks", U.S. patent application publication no. US 2002/0145542 A1 Jun. 10, 2010.

[Cohen] A. Cohen, "Reducing power consumption in a network by detecting electrical signatures of appliances", Intl. Patent Publication WO/2009/081407, Jul. 2, 2009.

[Heilman] L. E. Heilman, G. R. Horst, and R. A. McCoy, "Smart current attenuator for energy conservation in appliances", U.S. patent application publication no. US 2008/0136581 A1, Jun. 12, 2008.

[Masters] G. J. Masters and M. S. Pernia, "Smart electrical wire-devices and premises power management system", U.S. patent application publication no. US 2010/0145536 A1, Jun. 10, 2010.

[Sharood] J. N. Sharood, G. Bailey, M. Carr, J. Turner, D. Peachey, Appliance retrofit monitoring device with a memory storing an electronic signature, US patent 6.934.862 B2, Aug. 23, 2005.

[Woods] J. Woods and S. Fitz, "Green Consumer Electronics: e-CLiPs, Electronic Control of Intelligent Power Systems", in Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2010, 9-13 Jan. 2010, , Las Vegas, NV, USA, pp. 97 - 98.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es proporcionar un enchufe inteligente capaz de conectar electrodomésticos y/o equipos industriales a través de una o más tomas, detectar el consumo de potencia de los aparatos conectados, comunicarse a través de las unidades de control y comunicación a los componentes internos y externos de control de alimentación de aparatos, y seleccionar a través de un mecanismo de conmutación electrónica interna la fuente de energía más conveniente de entre un conjunto de fuentes de suministro de energía eléctrica, convencionales y no convencionales, con el fin de optimizar recursos energéticos, dando prioridad a las fuentes de energía más convenientes, de acuerdo con criterios tales como el coste o la disponibilidad de la energía suministrada.

Para alcanzar el objeto antes mencionado, la presente invención proporciona un enchufe inteligente, permitiendo así realizar los conceptos de redes inteligentes de suministro de energía, tanto doméstica como industrial. Por tanto, para la realización preferida de la invención, el enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes comprende:

- una unidad de comando autónoma que a su vez comprende unos medios de medición de consumo de potencia;
- una conexión principal que conecta el enchufe inteligente con una línea de suministro principal de corriente alterna CA;
- al menos una conexión secundaria que conecta el enchufe inteligente con al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA;
- una conexión de datos que conecta la unidad de comando autónoma con un controlador externo a través de la línea de datos;

- un conjunto de conexiones de aparato que comprende al menos una conexión de aparato, donde cada conexión de aparato conecta el enchufe inteligente con un dispositivo externo de consumo de potencia;

5 en donde la unidad de comando autónoma decide y lleva a cabo en base a unos datos recibidos del controlador externo a través de la conexión de datos, para cada conexión de aparato, una conexión entre cada conexión de aparato y una
 10 conexión seleccionada entre la conexión principal y la al menos una conexión secundaria, donde previamente, la unidad de comando autónoma mide el consumo de potencia de cada dispositivo externo conectado al conjunto de conexiones de aparato y envía dicha medición de consumo al controlador externo. Es decir, el enchufe inteligente objeto de la presente invención selecciona en primer lugar a qué red de suministro de energía se conecta el propio enchufe
 15 inteligente y en segundo lugar a qué red conecta cada uno de los dispositivos externos de consumo de potencia (por ejemplo: lavadora, ordenador personal, maquinaria de alto consumo de potencia, motores, etc.) que se encuentran conectados al enchufe inteligente. Dicha decisión se puede denominar “decisión de conmutación” y es llevada a cabo única y exclusivamente por la unidad de comando autónoma en base a parámetros recibidos por controladores externos. Por tanto, los controladores externos no deciden qué red tiene que seleccionar el enchufe inteligente.

20 Para poder llevar a cabo la “selección de conmutación”, la unidad de comando autónoma adicionalmente comprende: una unidad de procesamiento de señal, una unidad de detección, una unidad electrónica de conmutación, una unidad de comunicaciones y una unidad de control, tal que todas las unidades están conectadas y comunicadas entre sí de una forma seleccionada entre comunicación directa entre dos unidades y comunicación indirecta a través de al menos una unidad del resto de unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma.

25 La unidad de procesamiento de señal adicionalmente comprende al menos: una unidad local de entrada-salida que transmite y recibe datos hacia/desde otras unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma; un procesador de señal digital que calcula operaciones lógicas y aritméticas especializadas, ejecuta algoritmos, calcula comparaciones del consumo de potencia de los dispositivos externos conectados al conjunto de conexiones de aparato y calcula las energías disponibles entregadas por las redes de suministro de energía conectadas al enchufe inteligente; una unidad de memoria que almacena unos datos, donde dichos datos son al menos: datos de consumo de potencia del
 30 dispositivo externo y energías disponibles a entregar por las redes, datos de calibración y auto-diagnóstico, registros de operaciones, estadísticas operativas y combinación de los mismos; y, una unidad de calibración y auto-diagnóstico para realizar al menos las siguientes funciones: rutinas de prueba automática, puesta en marcha, calibración de potencia para el procesamiento de señales, pruebas de comunicación, y combinaciones de las mismas.

35 La unidad de detección adicionalmente comprende al menos: un fusible; un circuito de detección de potencia que mide el consumo de potencia del dispositivo externo de consumo de potencia conectado con una conexión del conjunto de conexiones de dispositivo; un circuito de manejo de señal para realizar conversión analógica a digital y formato de datos; un circuito buffer para registro y transmisión de datos a la unidad de procesamiento de señal y a la unidad de control; un desacoplador optoelectrónico de detección que: a) protege al resto de elementos comprendidos en la unidad de comando autónoma contra sobrecargas de potencia o cortocircuito; y, b) opera en un modo seleccionado entre analógico y digital; de tal forma que en modo analógico, el desacoplador optoelectrónico conecta el fusible con el circuito de manejo de señal, y en el modo digital, el desacoplador optoelectrónico conecta el fusible con el circuito de detección de potencia.

40 Cuando el desacoplador electrónico de detección funciona en modo analógico, el circuito de detección de energía es un circuito electrónico analógico de estado sólido que comprende dispositivos semiconductores, reguladores de potencia y amplificadores comparadores, tal que dicho circuito de detección de potencia calcula el consumo de potencia real del dispositivo externo conectado, y lo codifica en una forma de onda analógica de magnitud proporcional a la energía.

45 En cambio, cuando el desacoplador electrónico de detección funciona en modo digital, el circuito de detección de energía es un circuito electrónico digital, tal que dicho circuito de detección de energía calcula el consumo de potencia real del aparato conectado y lo codifica en forma de una palabra binaria.

50 La unidad electrónica de conmutación adicionalmente comprende al menos: un administrador de conmutación que gestiona la conexión con la unidad de procesamiento de señal, modera las comunicaciones y la transferencia de datos, y recibe órdenes de conmutación de la unidad de control; un controlador de conmutación, el cual es una unidad lógica de mando y codificación que opera un conjunto de interruptores electrónicos; un desacoplador optoelectrónico de conmutación que aísla los circuitos digitales de las líneas de suministro de potencia principal y secundarias; un administrador de las líneas de suministro de potencia que protege los circuitos internos del enchufe inteligente contra saturación de potencia o cortocircuito, en caso de avería del fusible; y, el conjunto de interruptores electrónicos para abrir o cerrar las líneas eléctricas de potencia según comandos del administrador de las líneas de potencia.

55 La unidad de comunicaciones adicionalmente comprende al menos: una interfaz de comunicaciones que conecta físicamente el enchufe inteligente con aparatos y redes de control local o remoto; una unidad transceptora para transmitir y recibir datos hacia/desde controladores internos y externos; y, un agente de administración de red que proporciona una interfaz para el control remoto y gestión del enchufe inteligente por un administrador de red externa, y que notifica al administrador de operaciones o usuario a través de protocolos y procedimientos de gestión de red.

La unidad de control adicionalmente comprende al menos: un sistema operativo que es la unidad básica de gestión de recursos del enchufe inteligente administrando todos sus componentes y unidades; un procesador de control que ejecuta el sistema operativo y unas aplicaciones de control; una memoria interna de control que almacena unos datos procedentes desde las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma y desde al menos un controlador externo; una unidad de estadísticas que almacena datos históricos seleccionados entre: utilización del enchufe inteligente, energía entregable disponible, registros de comando, y combinaciones de los mismos; y, un administrador de dispositivos que direcciona y comanda las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma.

En otra forma de realización, la unidad de control adicionalmente comprende al menos: un controlador de puesta en marcha; y, un registrador de comandos y eventos.

En otra forma de realización, la unidad de comando autónoma adicionalmente comprende: un puerto de conexión de líneas de potencia, tal que la conexión secundaria que conecta el enchufe inteligente con al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA es llevada a cabo por dicho puerto de conexión de líneas de potencia; una fuente de alimentación; un enchufe macho, tal que la conexión principal entre el enchufe inteligente y la línea de suministro principal de corriente alterna es llevada a cabo mediante dicho enchufe macho; al menos un enchufe hembra, tal que donde cada conexión de aparato que conecta el enchufe inteligente con el dispositivo externo de consumo de potencia es llevada a cabo mediante dicho enchufe hembra; una unidad de protección; unas líneas eléctricas de interconexión de las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma; y, un puerto de comunicaciones, tal que la conexión de datos que conecta la unidad de comando autónoma con un controlador externo es llevada a cabo mediante dicho puerto de comunicaciones, y donde adicionalmente, dicho puerto de comunicaciones está seleccionado entre un puerto de comunicación por cable y un puerto de comunicación inalámbrico.

Adicionalmente al propio dispositivo (enchufe inteligente), la presente invención tiene como objeto proporcionar un procedimiento por el cual se describe cómo la unidad de comando autónoma, y por ende, el enchufe inteligente, realiza la “decisión de conmutación”, es decir, cómo la unidad de comando autónoma decide qué línea de suministro de red de corriente alterna conecta con cada aparato conectado al enchufe inteligente.

Por tanto, el procedimiento de funcionamiento, en su forma de realización preferida, del enchufe inteligente en redes eléctricas inteligentes y para cualquiera de las posibles formas de realización del enchufe inteligente anteriormente descritas, está caracterizado porque comprende:

- i) ejecutar un procedimiento de encendido según un esquema de operación denominado “modo encendido”, donde la unidad de comando autónoma define al menos una rutina denominada “rutina de encendido” que inicializa todas las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma, una vez que dicha unidad de comando autónoma ha sido conectada a la línea de suministro principal de corriente alterna CA, tal que la rutina de encendido proporciona unos parámetros de operación del enchufe;
- ii) ejecutar un procedimiento de calibración y autodiagnóstico según un esquema de operación denominado “modo calibración” mediante el cual, la unidad de procesamiento de señal y la unidad de control definen y ejecutan al menos una denominada “rutina de calibración” para calibrar y medir el consumo de potencia del enchufe inteligente y una rutina para realizar auto-diagnóstico, tal que la unidad de comando autónoma conecta el enchufe inteligente con una red de suministro de corriente alterna seleccionada entre la línea de suministro principal de corriente alterna CA y la al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA;
- iii) ejecutar un procedimiento de funcionamiento según un esquema de operación denominado “modo funcionamiento” mediante el cual, la unidad de procesamiento de señal y la unidad de control de la unidad de comando autónoma definen y ejecutan al menos una rutina denominada “rutina de funcionamiento” que lleva a cabo una selección de conmutación para que la unidad electrónica de conmutación conecte cada uno de los dispositivos externos de consumo de potencia a través del conjunto de conexiones de aparato con una línea de suministro seleccionada entre la línea de suministro principal de corriente alterna CA y la al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA; donde dicha selección de conmutación está basada en una información enviada a la unidad electrónica de conmutación por la unidad de detección y el controlador externo a través de la conexión de datos y de ahí a la unidad de comunicaciones.

Para otra forma de realización, el procedimiento de funcionamiento adicionalmente comprende:

- iv) ejecutar un procedimiento de puesta en reposo según un esquema de operación denominado “modo standby” definido por la ausencia de dispositivo externos de consumo conectados al enchufe inteligente; mediante dicho modo standby, la unidad de comando autónoma define y ejecuta al menos una rutina denominada “rutina de standby”, mediante la cual se realizan secuencialmente las siguientes acciones: a) realizar periódicamente mediciones de potencias consumidas en las conexiones de aparato; b) generar una señal de indicación de cero potencia consumida de aparato cuando se detecte que la suma de los valores de dichas mediciones de potencia es igual a cero o está por debajo de un valor pre-establecido, indicando que no hay dispositivos externos de consumo de potencia conectados al enchufe; c) informar a la unidad de control y las otras unidades internas que componen la unidad de comando autónoma que el enchufe operará en un modo de

reposo; d) informar al controlador externo vía la conexión de datos que el enchufe ha entrado en un modo de reposo; y,

- v) ejecutar un procedimiento de apagado según un esquema de operación denominado “modo apagado” que detiene todos los procesos activos y acciones de control y desconecta la unidad de comando autónoma del controlador externo, cuando el enchufe está conectado, activado y se han completado las rutinas de calibración y autodiagnóstico y está operando en el modo funcionamiento o el modo standby; mediante dicho modo apagado, la unidad de comando autónoma define y ejecuta al menos una rutina denominada “rutina de apagado”, mediante la cual se realizan secuencialmente las siguientes acciones: a) detectar un comando de apagado proveniente del controlador externo o por acción directa del usuario sobre el enchufe inteligente; b) enviar al controlador externo los valores de operación y estadísticas almacenados en memoria; c) finalizar la conexión entre la unidad de comando autónoma y el controlador externo; d) detener el funcionamiento de todos los componentes de la unidad de comando autónoma; f) detener el sistema operativo; y, g) retirar la alimentación eléctrica a todos los circuitos internos del enchufe inteligente.

La “rutina de encendido” que se ejecuta en el “modo encendido” comprende: a) detectar el suministro de energía al enchufe vía la conexión principal; b) energizar los circuitos internos; c) cargar el sistema operativo; d) inicializar los otros componentes de la unidad de control y las otras unidades internas que componen la unidad de comando autónoma; e) conectar la unidad de comando autónoma con el controlador externo vía la conexión de datos; f) iniciar el intercambio de datos entre la unidad de comando autónoma y el controlador externo para obtener parámetros de operación del enchufe; g) cargar dichos parámetros en las memorias internas de los distintos componentes de la unidad de comando autónoma para iniciar la operación del enchufe;

La “rutina de calibración” que se ejecuta en el modo calibración comprende: a) cargar en memoria volátil tipo RAM el valor de referencia de consumo de potencia del enchufe inteligente sin carga previamente almacenado en una memoria no volátil tipo ROM; b) medir el consumo de potencia real del enchufe inteligente por medio del circuito de detección conectado a la fuente de alimentación; c) comparar el valor de referencia de consumo de potencia y el consumo de potencia real del enchufe inteligente por medio de una unidad lógica interna, generando así un valor diferencia, u offset; d) almacenar en memoria y transferir al procesador de señal digital dicho valor de offset; e) ejecutar algoritmo de selección de red de alimentación tomando como parámetros de entrada dicho valor de offset, el consumo de potencia medido, y los valores de energías disponibles y entregables por cada una de las líneas de suministro de CA disponibles en la instalación; f) generar identificador de red seleccionada; g) informar a la unidad de calibración y auto-diagnóstico si la rutina de calibración se ha completado exitosamente o no basado en un identificador binario de costo; h) finalizar la rutina de calibración cuando el indicador binario de costo tenga un valor positivo previamente definido por el diseñador e informado a la unidad de control, para iniciar el modo de funcionamiento del enchufe inteligente, o i) iniciar otro ciclo de corrección y compensación para terminar el modo de calibración, hasta que el indicador binario de costo sea un número positivo, a fin de lograr una adecuada calibración, informando así a la unidad de control y abandonando el modo de calibración;

La “rutina de funcionamiento” que se ejecuta en el modo funcionamiento adicionalmente comprende: a) medir el consumo de potencia del dispositivo externo de consumo de potencia; b) comparar dicho valor de consumo de potencia con las energías disponibles y entregables promedio de la línea de suministro principal de corriente alterna CA y las de las al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA; c) ejecutar un algoritmo de selección de mejor red de alimentación servidora; d) realizar los análisis de costos energéticos usando funciones de valor de costo provistas al enchufe por el controlador externo e incorporar los resultados de dichos análisis en la decisión de selección de red; e) seleccionar la mejor red de alimentación servidora; f) informar de la decisión a la unidad de control y la unidad de procesamiento de señal; y, g) realizar la conmutación a la línea de suministro de corriente alterna CA correspondiente a la red seleccionada.

Con todas las características hasta el momento descritas, la presente invención consigue reducir el desperdicio de energía y da prioridad a la utilización de fuentes de energía más barata, lo que reduce los costes y el impacto energético de la creciente demanda de electricidad a nivel doméstico e industrial.

La presente invención se refiere, por tanto, a un enchufe inteligente para el suministro de electricidad a aparatos eléctricos en hogar e industria, y más concretamente a una toma inteligente mejorada capaz de seleccionar la red o fuente de suministro de electricidad de entre un número disponible de fuentes convencionales y/o no convencionales, de forma automática y sin interrupciones. El campo de la presente invención se refiere a energía, y más concretamente a distribución de energía doméstica e industrial, y es aplicable en aquellos casos en los que el usuario pretende la optimización de consumo de energía y la priorización de fuentes más baratas.

Cualquier aplicación virtual, doméstica e industrial, que involucre electricidad y aparatos electrónicos con conexión a redes estándar de voltaje de CA se puede beneficiar de la presente invención. Industrias de fabricación de componentes eléctricos, electrónicos y ópticos son así mismos los principales beneficiarios de la invención.

Es otro objeto de la invención el mejorar el concepto de medición inteligente, iniciando acciones de control de energía a partir de los datos de medición de consumo de energía para seleccionar la fuente de electricidad óptima de un grupo heterogéneo de fuentes de energía (eólica, solar, electromagnética, etc.).

Es aún otro objeto de la invención el proporcionar selección automática de alimentación en las instalaciones del usuario.

Es aún otro objeto de la invención el promover la eficiencia energética en el suministro de energía a aparatos domésticos e industriales, dando prioridad a la energía proporcionada por fuentes más baratas.

5 Es aún otro objeto de la invención el detectar el consumo de potencia de cada aparato conectado a las instalaciones del usuario, e iniciar acciones de procesamiento y control sobre la base del aparato gestionado, de acuerdo al consumo de potencia detectado.

Es aún otro objeto de la invención el proporcionar conexión eléctrica de los aparatos a una multiplicidad de redes de suministro de energía eléctrica, provenientes, en general, de fuentes heterogéneas.

10 Es aún otro objeto de la invención el reducir la demanda energética de las redes eléctricas más caras, tanto para aplicaciones domésticas como industriales.

Es aún otro objeto de la invención el proporcionar control y operación independientes y no jerárquicos de cada aparato conectado a cada toma en hogares y/o instalaciones industriales.

15 Es aún otro objeto de la invención el mejorar la fiabilidad del suministro de alimentación debido a la independencia física y funcional entre las tomas instaladas.

Es aún otro objeto de la presente invención el permitir el control y gestión independientes de tomas individuales.

Es aún otro objeto de la invención el permitir a los usuarios domésticos o industriales seleccionar y controlar de forma autónoma la fuente de alimentación que suministra energía eléctrica al dispositivo conectado a la toma, a través de una interfaz de usuario, local o remota.

20 Es otro objeto de la invención el ayudar a los usuarios a configurar de forma autónoma instalaciones domésticas y/o industriales como redes eléctricas inteligentes personalizadas de tamaño reducido.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

25 La figura 1 es un diagrama de bloques que representa la conexión del enchufe inteligente de la presente invención con elementos externos así como la interconexión de los elementos internos comprendidos en el enchufe inteligente.

La figura 2 es un diagrama de bloques del enchufe inteligente de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La figura 3 es diagrama de flujo que ilustra los modos de operación del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

30 La figura 4 es un diagrama de bloques de la unidad de procesamiento de señal del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 es un diagrama de flujo de la rutina de operación del enchufe inteligente en modo de calibración, de acuerdo con una realización de la invención.

35 La figura 6 es un diagrama de flujo de la rutina de operación del enchufe inteligente en modo de funcionamiento, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 7 es un diagrama de bloques de la unidad de detección del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 8 es un diagrama de bloque de la unidad electrónica de conmutación del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

40 La figura 9 es un diagrama de bloques de la unidad de comunicaciones del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 10 es un diagrama de bloques de la unidad de control del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DE UNA FORMA DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

45 El objeto de la presente invención es proporcionar un enchufe inteligente capaz de conectar electrodomésticos y/o equipos industriales a través de una o más tomas, detectar el consumo de potencia de los aparatos conectados, comunicarse a través de las unidades de control y comunicación a los componentes internos y externos de control de alimentación aparatos, y seleccionar a través de un mecanismo de conmutación electrónica interna la fuente de energía

más conveniente de entre un conjunto de fuentes de energía eléctrica, convencionales y no convencionales, con el fin de optimizar recursos energéticos, dando prioridad a la eficiencia energética y a las fuentes de energía más baratas.

En lo sucesivo, las realizaciones preferidas de la presente invención se describen con más detalle con referencia a los dibujos que las acompañan, pero se entiende que la invención no debe limitarse a las siguientes realizaciones.

5 En referencia a la figura 1, el enchufe inteligente, de acuerdo con una realización del objeto de la presente invención, es un componente clave de una red eléctrica inteligente. En general, varios enchufes inteligentes pueden ser instalados para proporcionar al usuario los beneficios derivados del control personalizado de la energía suministrada. Por lo tanto, el ensamblaje de un sistema de energía de la figura 1 comprende al menos un enchufe inteligente 1 que comprende una unidad de comando autónoma A que se conecta físicamente a las líneas de alimentación a la red principal de alimentación de corriente alterna CA0 a través de la conexión principal B y a "N" redes secundarias de energía eléctrica CA1-CAN a través de "N" conexiones secundarias C1-CN. Este montaje implica un sistema de gestión de energía eléctrica compuesto por la red principal de corriente alterna CA0, que es la referencia para el suministro de energía y calibración; al menos un enchufe inteligente 1 como el del objeto de la presente invención, enchufado a una toma de corriente eléctrica de CA (no mostrado) o a cualquier otro medio similar para obtener alimentación, por lo menos a una red de abastecimiento de energía eléctrica de CA secundaria CA1-CAN, una unidad de comando autónoma A, una red de comunicaciones y gestión H para acceder físicamente a los enchufes inteligentes conectados al sistema de gestión de energía eléctrica mencionado, y un controlador externo F para comandar al menos un enchufe inteligente 1 y recoger datos operacionales de dicho enchufe inteligente. La conexión entre la unidad de comando autónoma A y la red de comunicaciones y gestión se realiza mediante la conexión de datos D. La figura 1 también muestra el conjunto de conexiones de aparato que tiene "M" conexiones denominadas E1 a EM que conectan el enchufe inteligente con "M" dispositivos externos de consumo de potencia G1-GM

En un ejemplo de realización, el enchufe inteligente se contiene en una caja, físicamente separada de la instalación eléctrica para facilitar su administración y conexión a la misma.

25 El principio de funcionamiento del sistema es un esquema inteligente de medición de energía para iniciar acciones de control a partir de los datos de medición de consumo de potencia para seleccionar la fuente de electricidad más conveniente a criterio del usuario, de un grupo de redes de energía primaria y secundaria, incluyendo las provenientes de fuentes de generación de energía convencionales y/o no convencionales como la eólica, la solar, y/o electromagnética. Por lo tanto, el esquema inteligente de control de potencia incorpora selección de la fuente de alimentación a través de al menos uno de dichos enchufes inteligentes, dicho ensamblaje de un sistema de energía y dicho sistema de gestión de energía eléctrica. El esquema prevé un control y operación independientes y no jerárquicos de cada aparato conectado a cada toma en los hogares y / o instalaciones industriales a través de dicho enchufe inteligente. Uno de los objetivos de esta arquitectura es mejorar la fiabilidad del suministro de energía, debido a la independencia física y funcional de los enchufes inteligentes instalados. Además, garantiza que cada uno de los enchufes inteligentes instalados es controlado y administrado de manera independiente. Sacando provecho del esquema inteligente de control de potencia, empresas o usuarios particulares pueden seleccionar y controlar de forma autónoma las fuentes de alimentación que suministran energía eléctrica a los aparatos conectados a los enchufes inteligentes, a través de interfaces de usuario locales o remotas. De tal manera, los usuarios pueden configurar de forma autónoma instalaciones domésticas y/o industriales como redes eléctricas inteligentes personalizadas de tamaño reducido.

40 La figura 2 muestra un diagrama de bloques del enchufe inteligente 1, de acuerdo con una realización preferida del objeto de la presente invención. Los principales componentes del enchufe inteligente son una unidad de procesamiento de señal 2 para realizar control y operación de señales, incluyendo la selección de la fuente de energía más conveniente entre las redes conectadas a los puertos de conexión, una unidad de detección 3 para medir el consumo de potencia de cada aparato conectado a cada toma y para manejar datos con fines de procesamiento, una unidad electrónica de conmutación 4 para conectar cada aparato conectado a cada enchufe a uno de los puertos de líneas de potencia disponibles, una unidad de comunicaciones 5 para transmitir y recibir datos de controladores internos y externos y para administrar conexiones a redes y protocolos de comunicaciones; una unidad de control 6 para tratar con el comando a distancia, gestión de recursos, procedimientos de gestión de red, administración de las estadísticas operacionales, y el comando en general del enchufe inteligente y las unidades que lo componen, incluida su activación o desactivación parcial o total, y un puerto de conexión de líneas de potencia 7 para conectarse a redes eléctricas convencionales y no convencionales. El enchufe inteligente comprende además una caja contenedora de todas sus unidades internas, en donde dicha caja ofrece una o más tomas de alimentación eléctrica, hembras y machos, para el suministro de energía y conexión de aparatos eléctricos de usuario, las conexiones de líneas de potencia, y las interfaces físicas inalámbricas o cableadas para comunicación de datos y control por medio de controladores externos.

55 El enchufe inteligente 1 también necesita una fuente de alimentación 8 para suministrar energía a todos los circuitos electrónicos contenidos en la caja que lo contiene. La fuente de alimentación 8 realiza conversión CA /CC para adaptar la red eléctrica de CA a voltajes de CC adecuados a las actuales tecnologías de circuitos integrados (CI) y otros componentes electrónicos, y protege toda la electrónica interna de inestabilidades en la red eléctrica principal CA mediante fusibles a las conexiones de las unidades de enchufe inteligente. El enchufe inteligente también cuenta con un conector plug interno 9 para conectarlo a las tomas jack de enchufes instalados actualmente en las instalaciones del usuario y conectados a la red de corriente alterna, por uno de sus extremos, y a la fuente de alimentación 8, por su

segundo extremo. Tal conector plug interno 9 suministra alimentación de forma rápida al enchufe inteligente, evitando así la modificación de las conexiones a la instalación eléctrica de CA disponible y las costosas obras civiles relacionadas.

5 El enchufe inteligente 1 comprende además al menos una toma jack de alimentación 10 para conectar los aparatos domésticos o industriales, por uno de sus extremos, y las unidades internas del enchufe inteligente, por su segundo extremo. La toma jack de alimentación 10 es el medio físico para conectar los aparatos domésticos o industriales a la red de energía seleccionada por la unidad de procesamiento de señal 2 y / o la unidad de control 6 de dicho enchufe inteligente 1.

10 Otro componente del enchufe inteligente es la unidad de protección 11, que evita el daño de los aparatos conectados a la toma jack de alimentación debido a descargas eléctricas, rayos, cortes, y en general a inestabilidades de la alimentación de CA originadas en la red de suministro de energía seleccionado. Esta unidad de protección 11 es un interruptor electrónico, fusible, o de relés electromecánicos, y se conecta a la toma jack de alimentación 10, por uno de sus extremos, y a una de las líneas eléctricas 12 disponibles a la salida del puerto de conexión de líneas de potencia 7 después de que la línea se selecciona por un mecanismo que controla a la unidad electrónica de conmutación 4.

15 Cada puerto de conexión de líneas de potencia 7 se conecta a la red de energía seleccionada por medio de líneas de potencia previamente existentes en la instalación eléctrica del usuario. Para ello, puerto de conexión de líneas de potencia 7 se conecta a las redes de CA disponibles, convencionales y/o no convencionales, por uno de sus extremos, y la unidad de protección 11, por su segundo extremo. Hay que notar que, en un momento dado, el puerto de conexión de líneas de potencia 7 conecta cada línea de potencia a una y sólo una red de suministro por un mecanismo de selección controlado por la unidad electrónica de conmutación 4, lo que hace imposible conectar al mismo tiempo un aparato a más de una red de entre las redes disponibles en la instalación eléctrica. Para lograr este propósito, el puerto de conexión de líneas de potencia 7 cuenta con líneas de potencia conmutables comandadas de un mecanismo de demultiplexación y selección controlado por la unidad electrónica de conmutación 4, cerrando así el circuito cableado entre la salida del puerto de conexión de líneas de potencia 7 y la entrada de la unidad de protección 11.

25 La figura 3 es un diagrama de flujo que describe los modos de operación del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización preferida de la invención. La unidad de control 6 comanda el enchufe inteligente para operar en cinco modos de funcionamiento, a saber, el modo de encendido 310, el modo de calibración 311, el modo de funcionamiento 312, el modo stand-by 313, y el modo de apagado 314. Tales modos de operación definen las diferentes interacciones entre las unidades que componen el enchufe inteligente 1. Para cada modo de los anteriormente mencionados, la unidad de control 6 ejecuta al menos una rutina denominadas de encendido (310R), de calibración y autodiagnóstico (311R), de funcionamiento (312R), de standby (313R) y de apagado (314R), respectivamente.

30 El modo de encendido define rutinas para el inicio de todas las unidades después de conexión a una fuente de alimentación de CA de suministro de energía para alimentar todos los circuitos electrónicos contenidos en la caja del enchufe inteligente 1. El modo de calibración define rutinas para calibrar y medir el consumo real de potencia del enchufe inteligente 1, para realizar auto-diagnóstico, y ejecutar, en general, todas las acciones orientadas a garantizar que las futuras decisiones de selección de redes de suministro sean adecuadas cuando al enchufe se conecten dispositivos externos de consumo de potencia. El modo de funcionamiento define rutinas para operar en el enchufe inteligente 1 en su estado estable, una vez encendido y completadas las rutinas de calibración y, al mismo tiempo, cuando ocurre que un aparato se conecta y enciende a la toma jack de alimentación 10. El modo stand-by define rutinas para operar el enchufe inteligente 1 en su estado estable, una vez encendido y completadas las rutinas de calibración y, al mismo tiempo, cuando ocurre que ningún aparato está conectado a la toma jack de alimentación 10, o cada vez que está conectado pero apagado, por lo que no consume potencia y no requiere alimentación eléctrica proveniente de las fuentes de energía disponibles conectadas al enchufe inteligente 1. El modo de apagado define rutinas para la desconexión del enchufe inteligente 1, automáticamente o por acción del usuario, deteniendo así todos los procesos activos, aplicaciones y el sistema operativo.

La figura 4 es un diagrama de bloques de la unidad de procesamiento de señal 2 del enchufe inteligente, de acuerdo con una realización de la invención. La unidad de procesamiento de señal 2 se conecta a la unidad de detección 3, la unidad electrónica de conmutación 4, y la unidad de control 6.

50 La unidad de procesamiento de señal 2 comprende una unidad local de entrada-salida 21 para transmitir y recibir datos hacia y/o desde otras unidades dentro del enchufe inteligente 1, incluyendo la unidad de control 6, la unidad de detección 3, la unidad electrónica de conmutación 4 y la unidad de comunicaciones 5, y controladores externos si están disponibles; un procesador de señal digital 22 para realizar operaciones lógicas y aritméticas especializadas y ejecutar algoritmos, en general, y para comparar el consumo de potencia de los aparatos conectados al enchufe inteligente 1 y las energías disponibles entregadas por las redes de suministro de energía conectadas al enchufe inteligente 1; una unidad de memoria 23 para almacenar datos útiles para el procesamiento y administración del enchufe, incluyendo datos de consumo de potencia y energías disponibles a entregar por las redes, datos de calibración y auto-diagnóstico, registros de operaciones, estadísticas operativas y otras funciones obvias para la operación del enchufe inteligente 1, y una unidad de calibración y auto-diagnóstico 24 para realizar las rutinas de prueba automática, puesta en marcha, calibración de potencia para el procesamiento de señales, pruebas de comunicación, y otras funciones inherentes a la operación del enchufe inteligente 1.

La unidad local de entrada-salida 21 es un circuito electrónico digital con capacidades de almacenamiento en buffer, de control de tiempos, de registro y de transferencia de datos. La unidad local de entrada-salida 21 controla la comunicación de la unidad de procesamiento de señal 2 con otras unidades, externas e internas, incluyendo la transferencia de datos hacia y desde la unidad de memoria 23 y la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24, y administra los protocolos dentro de la unidad de procesamiento de señal 2 tales como la puesta en marcha de las rutinas de calibración, la activación o desactivación del procesamiento, el arranque de la memoria y otros procesos obvios a la unidad de procesamiento de señal 2.

El procesador de señal digital 22 es una unidad de hardware electrónico digital sobre la que se ejecutan los algoritmos de calibración, control y decisión de selección de redes de suministro eléctrico. El procesador de señal digital 22 es un microprocesador de propósito general, microprocesador de señal digital (DSP), microcontrolador, dispositivo de lógica programable, matriz de puertas programables, circuito integrado de aplicación específica (ASIC), o cualquier otra tecnología digital adecuada para desempeñar sus funciones operativas. El procesador de señal digital 22 realiza cálculos sobre la base de datos de calibración, los datos de consumo de potencia del aparato conectado, las energías disponibles entregadas por las redes de suministro existentes (conectadas), estándares, normas y umbrales de producción de energía para asignar la red más conveniente que ha de dar servicio a un determinado aparato, algoritmos de asignación/conmutación, algoritmos de prioridad de red, algoritmos de mejor servicio de la red, y otros algoritmos adecuados para la selección de la red de suministro de energía más adecuada para servir al aparato conectado, en el supuesto de que se prioriza el uso de fuentes de energía más baratas, o a criterio del usuario. El procesador de señal digital 22 ejecuta los algoritmos y compara los datos de calibración de la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24, los datos de entrega de energía proveniente de la unidad de control 6 y datos de consumo de alimentación del aparato conectado provenientes de la unidad de detección 3, a través de la unidad de control 6, para seleccionar la red de mejor servicio. A continuación, el procesador de señal digital 22 transfiere los resultados de los cálculos, a través de la unidad local de entrada-salida 21, a la unidad electrónica de conmutación 4 para controlar las líneas de potencia, y a la unidad de control 6 para realizar estadísticas y gestión.

La unidad de memoria 23 transfiere datos desde/hacia el procesador digital de señal 22 y la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24. La unidad de memoria 23 es una memoria volátil, de acceso aleatorio (RAM), donde las instrucciones de procesamiento, registros, funciones y otros datos adecuados se cargan desde una memoria local, no volátil, a partir de la puesta en marcha y carga de procesos del enchufe inteligente 1.

En relación con el diagrama de flujo de la figura 5, la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24 realiza el control local de la rutina de calibración 311R y pruebas durante el modo de calibración 311 que inicia la unidad de control 6, y transfiere de vuelta los resultados de dicha calibración a la unidad de control 6, a través de la unidad local de entrada-salida 21. Por lo tanto y a partir de mediciones calibradas independientes, se extrae un valor de referencia de consumo de potencia del enchufe 241, el cual se carga previamente en una memoria no volátil y que es accesible por la unidad de control 6 y la unidad de procesamiento de señal 2, y que se utiliza como dato de entrada de la rutina de calibración 311R. El consumo de potencia real 242 del enchufe inteligente es medido por un circuito de detección conectado a la fuente de alimentación 8. El valor de referencia de consumo de potencia 241 y el consumo de potencia real del enchufe inteligente 242 son la entrada de un comparador de potencia 243, generando así un valor diferencia, u offset. El valor de offset se utiliza para compensación y corrección 244 de las posteriores mediciones de consumo que se realizan durante el modo de funcionamiento 312, generando un valor de compensación 245. Este valor de compensación 245 es pues almacenado en memoria y transferido al procesador de señal digital 22 para ejecutar la selección de red de alimentación. Así, el valor de compensación 245, el consumo de potencia real 242, la energía disponible en la red de CA principal 246 y las energías disponibles en las redes de CA secundarias 247 son los parámetros de entrada de un algoritmo de mejor red servidora 248 ejecutado por el procesador digital de señal 22. La salida del algoritmo de mejor red servidora 248 es un identificador de red seleccionada 249, en donde el procesador de señal digital 22 lleva a cabo un análisis de costos 250, comparando el identificador de red seleccionada 249 contra un identificador de red de referencia 251. A su vez, el resultado del análisis de costos 250 es un indicador binario de costo 252 que informa a la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24 si la rutina de calibración 311R se ha completado exitosamente. Por lo tanto, la rutina de calibración 311R acaba cuando el indicador binario de costo 252 tiene un valor positivo previamente definido por el diseñador e informado a la unidad de control 6, para iniciar el modo de funcionamiento 312 del enchufe inteligente 1. De manera equivalente, un valor negativo o nulo del indicador binario de costo 252 informa a la unidad de calibración y auto-diagnóstico 24 que se requiere otro ciclo de compensación y corrección para terminar el modo de calibración 311, hasta que el indicador binario de costo 252 sea un número positivo, a fin de lograr una adecuada calibración, informando así a la unidad de control 6 y abandonando el modo de calibración 311.

En relación con el diagrama de flujo de la figura 6, durante el modo de funcionamiento 312 del enchufe inteligente 1, se asume una adecuada calibración del enchufe inteligente 1, de tal manera que las rutinas involucradas emplean los mismos algoritmos para la selección de la red de suministro, utilizando el valor de consumo de potencia de dispositivo externo conectado 253, el identificador de red de referencia 251 actualizado, el valor de energía disponible de la red principal de CA 246, y los valores de energías disponibles en las redes secundarias de CA 247. Obtenida la red seleccionada 249, se informa la decisión a la unidad de procesamiento de señal 2 y a la unidad de control 6.

La figura 7 muestra la unidad de detección 3 del enchufe inteligente 1, de acuerdo con una realización de la invención. La unidad cuenta con un fusible 31 para la protección del enchufe inteligente 1 contra manipulación indebida de la toma jack de alimentación 10 o del aparato conectado a éste, un desacoplador optoelectrónico de detección 32

para protección de los circuitos internos del enchufe inteligente 1 contra sobrecargas de potencia o cortocircuito, en caso de daño del fusible 31, un circuito de detección de potencia 33 para medir el consumo de potencia del aparato conectado a la toma jack de alimentación 10, un circuito de manejo de señal 34 para realizar conversión analógica a digital y formato de datos, y un circuito buffer 35 para registro y transmisión de datos a la unidad de procesamiento de señal 2 y a la unidad de control 6.

El fusible 31 es un interruptor electrónico, fusible, o de relés electromecánicos, que conecta a la toma jack de alimentación 10, por uno de sus extremos, y al desacoplador optoelectrónico de detección 32, por su segundo extremo.

El desacoplador optoelectrónico de detección 32 es un circuito optoelectrónico analógico de estado sólido compuesto por dispositivos semiconductores que separa eléctricamente la señal de potencia proveniente del fusible 31 y los circuitos posteriores dentro de la unidad de detección 3. La unidad de detección 3 está preparada para funcionar en dos modos, según las preferencias del usuario y la configuración posterior, a saber, el modo analógico de detección y el modo digital de detección. Cuando se opera en el modo analógico de detección, el desacoplador optoelectrónico de detección 32 conecta al fusible 31, por uno de sus extremos, y al circuito de detección de potencia 33, por su segundo extremo. Por otra parte, cuando el enchufe inteligente 1 opera en el modo digital de detección, el desacoplador optoelectrónico de detección 32 se conecta al fusible 31 por uno de sus extremos, y al circuito de manejo de señales 34, por su segundo extremo.

Cuando se opera en el modo analógico de detección, el circuito de detección de potencia 33 es un circuito electrónico analógico de estado sólido compuesto por dispositivos semiconductores, reguladores de potencia y amplificadores comparadores. En este modo, el circuito de detección de potencia 33 se conecta con el desacoplador optoelectrónico de detección 32, por uno de sus extremos, y al circuito de manejo de señales 34, por su segundo extremo. El circuito de detección de potencia 33 calcula el consumo de potencia real del aparato conectado, y lo codifica en una forma de onda analógica de magnitud proporcional a la energía.

Cuando se opera en el modo digital de detección, el circuito de detección de potencia 33 es un circuito electrónico digital compuesto por circuitos lógicos, comparadores, registros de desplazamiento, y otros circuitos digitales. En este modo digital, el circuito de detección de potencia 33 se conecta al circuito de manejo de señales 34, por uno de sus extremos, y al circuito buffer 35, por su segundo extremo. Por lo tanto, el circuito de detección de potencia 33 calcula el consumo de potencia real del aparato conectado y lo codifica en forma de una palabra binaria.

El circuito de manejo de señales 34 es un circuito electrónico de señal mixta compuesto por convertidores analógico a digital, relojes y circuitos de sincronización, registros de desplazamiento, y otros circuitos digitales. El circuito de manejo de señales 34 realiza la conversión analógica a digital y el acondicionamiento de señales de su señal de entrada, y la entrega al circuito buffer 35 o al circuito de detección de potencia 33, dependiendo de si la unidad de detección 3 funciona en el modo analógico de detección o el modo digital de detección, respectivamente.

El circuito buffer 35 es un circuito electrónico digital compuesto por circuitos lógicos, comparadores, registros de desplazamiento, y otros circuitos digitales. El circuito buffer 35 se conecta por uno de sus extremos a la salida de la unidad de manejo de señales 34 y / o a la unidad de detección de potencia 33, dependiendo de si la unidad de detección 3 funciona en el modo analógico de detección o el modo digital de detección, respectivamente, y a la unidad de control 6, por su segundo extremo. El circuito buffer 35 almacena los datos de consumo de potencia codificados en forma binaria, y les entrega a la unidad de control 6 y/o a la unidad de procesamiento de señal 2 después de habilitar y/o activar las señales de mando de la unidad de control 6.

La figura 8 muestra un diagrama de bloque de la unidad electrónica de conmutación 4 del enchufe inteligente 1, de acuerdo con una realización de la invención, en donde éste cuenta con un administrador de conmutación 41 para conectarse a la unidad de procesamiento de señal 2, para moderar las comunicaciones y la transferencia de datos, y para recibir órdenes de conmutación de la unidad de control 6, un controlador de conmutación 42, el cual es una unidad lógica de mando y codificación para operar el conjunto de interruptores electrónicos, un desacoplador optoelectrónico de conmutación 43 para aislar los circuitos digitales de las líneas de potencia, un administrador de las líneas de potencia 44 para proteger los circuitos internos del enchufe inteligente 1 contra saturación de potencia o cortocircuito, en caso de avería del fusible, y un conjunto de interruptores electrónicos 45 para abrir o cerrar las líneas eléctricas de potencia según comandos del administrador de las líneas de potencia 44.

El administrador de conmutación 41 es un circuito digital con capacidades de almacenamiento en buffer, de control de tiempos, de registro y de transferencia de datos para conectarse a otros circuitos y recibir comandos de la unidad de control 6. El administrador de conmutación 41 se conecta a la unidad de control 6, por uno de sus extremos, y al controlador de conmutación 42, por su segundo extremo. De esta manera, el administrador de conmutación 41 pasa una palabra binaria paralela o serial con significado lógico al controlador de conmutación 42, representando en un formato apropiado la línea eléctrica de potencia a ser activada y/o seleccionada.

El controlador de conmutación 42 es un circuito lógico con capacidades de demultiplexación y/o decodificación binaria para generar una palabra binaria con un único valor lógico "1" con valor significativo, y que representa al interruptor electrónico 45 que ha de activarse, y por lo tanto la línea eléctrica de potencia que se activará/conectará de acuerdo a los comandos de la unidad de control 6, luego de que la unidad de procesamiento de señal 2 ha ejecutado y

resuelto el algoritmo de selección de la mejor red de suministro y de la respectiva línea de potencia. El controlador de conmutación 42 se conecta con el administrador de conmutación 41, por uno de sus extremos, y al desacoplador optoelectrónico de conmutación 43, por su segundo extremo. Cada bit de la palabra binaria generada por el controlador de conmutación 42 codifica cada línea de potencia disponible, y tiene un valor lógico "0" si la línea eléctrica correspondiente debe desactivarse y/o desconectarse, y un valor lógico "1" si la línea de potencia correspondiente se ha de seleccionar, cerrando así el interruptor electrónico 45 correspondiente a la línea de potencia en cuestión y, como consecuencia, entregando energía al aparato conectado a través de la toma jack de alimentación 10.

El desacoplador optoelectrónico de conmutación 43 es un circuito de estado sólido optoelectrónico compuesto por dispositivos semiconductores. Se conecta al controlador de conmutación 42, por uno de sus extremos, y al administrador de las líneas de potencia 44, por su segundo extremo, y desacopla eléctricamente las señales y circuitos electrónicos de baja potencia del controlador de conmutación 42 y los subsecuentes circuitos electrónicos de potencia del administrador de las líneas de potencia 44.

El administrador de las líneas de potencia 44 es un circuito electrónico de potencia de estado sólido conectado al desacoplador optoelectrónico de conmutación 43, por uno de sus extremos, y al conjunto de interruptores electrónicos 45, por su segundo extremo. El administrador de las líneas de potencia 44 realiza el manejo de señal para adaptar las señales binarias de baja potencia provenientes del desacoplador optoelectrónico de conmutación 43 a señales binarias de potencia para controlar los interruptores electrónicos 45.

Cada uno de los interruptores electrónicos 45 es un interruptor binario de potencia de estado sólido o de relés electromecánicos. Un interruptor electrónico 45 tiene un puerto de conducción que se conecta a la salida de uno de los puertos disponibles del administrador de las líneas de potencia 44, un puerto de conexión conmutada a una de las líneas de potencia provenientes del puerto de conexión de líneas de potencia 7, y un segundo puerto conmutado que conecta la línea correspondiente en el puerto de entrada de la unidad de protección 11. Cada interruptor electrónico 45 abre o cierra los contactos eléctricos existentes entre las líneas conectadas a sus puertos conmutados en función del valor de la señal binaria en su puerto de conducción.

La figura 9 muestra un diagrama de bloques de la unidad de comunicaciones 5 del enchufe inteligente 1, de acuerdo con una realización de la invención, la unidad comprendiendo una interfaz de comunicaciones 51 para conectar físicamente el enchufe inteligente 1 a aparatos y redes de control local o remoto, una unidad transceptora 52 para transmitir y recibir datos hacia/desde controladores internos y externos, y un agente de administración de red 53 para proporcionar una interfaz para el control remoto y gestión del enchufe inteligente 1 por un administrador de red externa, y para notificar al administrador de operaciones o usuario a través de protocolos y procedimientos de gestión de red.

La interfaz de comunicación 51 es una interfaz de cable y/o inalámbrica que conecta al enchufe inteligente 1 al medio de transmisión físico, por uno de sus extremos, y a la unidad transceptora 52, por su segundo extremo.

La unidad transceptora 52 es un circuito de señal mixta construido de acuerdo a los sistemas de comunicación estándar y tiene capacidades de recepción y transmisión de señales para comunicarse. Se conecta a la interfaz de comunicaciones 51, por uno de sus extremos, y la unidad de control 6, por su segundo extremo. La unidad transceptora 52 realiza el procesamiento de señales de comunicación, tratando señales y protocolos de comunicación estándar de banda base y/o de radiofrecuencia, de acuerdo a la interfaz de comunicación 51 habilitada.

El agente de gestión de red 53 es una unidad de software que reside en una memoria interna no volátil, que se activa por la unidad de control 6 después de la puesta en marcha del enchufe inteligente 1.

La figura 10 muestra un diagrama de bloques de la unidad de control 6 del enchufe inteligente 1, de acuerdo con una realización de la invención. La función principal de la unidad de control 6 es recibir de controladores externos datos de energía disponible y entregable por parte de diversas redes de suministro de energía, y que son requeridos por la unidad de procesamiento de señal 2 para poder ejecutar los algoritmos de selección de red y, en general, para aceptar y manejar comandos de controladores externos con fines de operación, instalación, interconexión, estadísticas, gestión de redes, y registro remoto o local, entre otros.

La unidad de control 6 comprende además un sistema operativo 61 que es la unidad básica de gestión de recursos del enchufe inteligente 1 administrando todos sus componentes y unidades, un procesador de control 62 para ejecutar el sistema operativo 61 y las aplicaciones de control, una memoria interna de control 63 para almacenar los datos procedentes desde las diferentes unidades dentro del enchufe inteligente 1 y desde controladores externos, una unidad de estadísticas 64 para almacenar datos históricos relativos a la utilización del enchufe inteligente 1, energía entregable disponible, registros de comando, y otros eventos relacionados a la operación del enchufe inteligente 1, y un administrador de dispositivos 65 para direccionar y comandar las unidades internas del enchufe inteligente 1. Además, la unidad de control 6 cuenta con un controlador de puesta en marcha 66, y un registrador de comandos y eventos 67.

El sistema operativo 61 es una unidad de software que reside en una memoria interna no volátil, que se activa después de la puesta en marcha para administrar todos los recursos del enchufe inteligente 1 incluidas sus unidades internas y controladores externos a través de control remoto, ya que todos son tratados como dispositivos periféricos del enchufe inteligente 1. El sistema operativo 61 soporta aplicaciones de software para realizar estadísticas, gestión de red

y control del enchufe inteligente 1, y se ejecuta en una plataforma de hardware definida por la realización del procesador de control 62, cuando se carga en la memoria local después de la puesta en marcha.

5 El procesador de control 62 es una unidad de hardware electrónico digital sobre la que corre el sistema operativo 61 y las estadísticas de nivel superior, la gestión de redes y aplicaciones de controlador de dispositivos del enchufe inteligente 1. El procesador de control 62 es un microprocesador de propósito general, microcontrolador, dispositivo de lógica programable, matriz de puertas programables, circuito integrado de aplicación específica (ASIC), o cualquier otra tecnología digital adecuada para desempeñar sus funciones operativas.

La memoria interna de control 63 es una memoria volátil, de acceso aleatorio (RAM) que almacena datos de proceso a partir de comandos del procesador de control 62.

10 La unidad de estadísticas 64 es una memoria secundaria, no volátil y regrabable, donde una aplicación de estadísticas controladas por el sistema operativo 61 accede, escribe, lee, borra y/o administra datos operativos.

El administrador de dispositivos 65 es una interfaz de software para el comando de la unidad de procesamiento de señal 2, la unidad de detección 3, la unidad electrónica de conmutación 4, la unidad de comunicaciones 5, la fuente de alimentación 8 y la unidad de detección en su interior, y otras unidades internas del enchufe inteligente 1.

15

REIVINDICACIONES

1.- Enchufe inteligente (1) para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes caracterizado porque comprende:

- 5
 - una unidad de comando autónoma (A) que a su vez comprende unos medios de medición de consumo de potencia;
 - una conexión principal (B) que conecta el enchufe inteligente con una línea de suministro principal de corriente alterna CA (CA0);
 - al menos una conexión secundaria (C1-CN) que conecta el enchufe inteligente con al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA (CA1-CAN);
- 10
 - una conexión de datos (D) que conecta la unidad de comando autónoma con un controlador externo (F) a través de la línea de datos (H);
 - un conjunto de conexiones de aparato (E1-EM) que comprende al menos una conexión de aparato, donde cada conexión de aparato conecta el enchufe inteligente con un dispositivo externo de consumo de potencia (G1-GM);

15 en donde la unidad de comando autónoma (A) decide y lleva a cabo en base a unos datos recibidos del controlador externo a través de la conexión de datos, para cada conexión de aparato, una conexión entre cada conexión de aparato y una conexión seleccionada entre la conexión principal y la al menos una conexión secundaria, donde previamente, la unidad de comando autónoma mide el consumo de potencia de cada dispositivo externo conectado al conjunto de conexiones de aparato y envía dicha medición de consumo al controlador externo.

20 2.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de comando autónoma (A) adicionalmente comprende:

- una unidad de procesamiento de señal (2);
- una unidad de detección (3);
- una unidad electrónica de conmutación (4);
- 25
 - una unidad de comunicaciones (5);
 - una unidad de control (6);

tal que dichas unidades están conectadas y comunicadas entre sí de una forma seleccionada entre comunicación directa entre dos unidades y comunicación indirecta a través de al menos una unidad del resto de unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma.

30 3.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de procesamiento de señal (2) adicionalmente comprende al menos:

- una unidad local de entrada-salida (21) que transmite y recibe datos hacia/desde otras unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma;
- 35
 - un procesador de señal digital (22) que calcula operaciones lógicas y aritméticas especializadas, ejecuta algoritmos, calcula comparaciones del consumo de potencia de los dispositivos externos conectados al conjunto de conexiones de aparato y calcula las energías disponibles entregadas por las redes de suministro de energía conectadas al enchufe inteligente (1);
 - una unidad de memoria (23) que almacena unos datos, donde dichos datos son al menos: datos de consumo de potencia del dispositivo externo y energías disponibles a entregar por las redes, datos de calibración y auto-diagnóstico, registros de operaciones, estadísticas operativas y combinación de los mismos; y,
 - 40
 - una unidad de calibración y auto-diagnóstico (24) para realizar al menos las siguientes funciones: rutinas de prueba automática, puesta en marcha, calibración de potencia para el procesamiento de señales, pruebas de comunicación, y combinaciones de las mismas.

45 4.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de detección (3) adicionalmente comprende al menos:

- un fusible (31);

- un circuito de detección de potencia (33) que mide el consumo de potencia del dispositivo externo de consumo de potencia conectado con una conexión del conjunto de conexiones de dispositivo;
 - un circuito de manejo de señal (34) para realizar conversión analógica a digital y formato de datos;
 - 5 • un circuito buffer (35) para registro y transmisión de datos a la unidad de procesamiento de señal (2) y a la unidad de control (6);
 - un desacoplador optoelectrónico de detección (32) que:
 - protege al resto de elementos comprendidos en la unidad de comando autónoma contra sobrecargas de potencia o cortocircuito; y,
 - opera en un modo seleccionado entre analógico y digital; de tal forma que en modo analógico, el
 - 10 desacoplador optoelectrónico conecta el fusible con el circuito de manejo de señal, y en el modo digital, el desacoplador optoelectrónico conecta el fusible con el circuito de detección de potencia.
- 5.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad electrónica de conmutación (4) adicionalmente comprende al menos:
- 15 • un administrador de conmutación (41) que gestiona la conexión con la unidad de procesamiento de señal (2), modera las comunicaciones y la transferencia de datos, y recibe órdenes de conmutación de la unidad de control (6);
 - un controlador de conmutación (42), el cual es una unidad lógica de mando y codificación que opera un conjunto de interruptores electrónicos (45);
 - 20 • un desacoplador optoelectrónico de conmutación (43) que aísla los circuitos digitales de las líneas de suministro de potencia principal y secundarias;
 - un administrador (44) de las líneas de suministro de potencia que protege los circuitos internos del enchufe inteligente (1) contra saturación de potencia o cortocircuito, en caso de avería del fusible; y,
 - el conjunto de interruptores electrónicos (45) para abrir o cerrar las líneas eléctricas de potencia según comandos del administrador de las líneas de potencia (44).
- 25 6.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de comunicaciones (5) adicionalmente comprende al menos:
- una interfaz de comunicaciones (51) que conecta físicamente el enchufe inteligente (1) con aparatos y redes de control local o remoto;
 - una unidad transceptora (52) para transmitir y recibir datos hacia/desde controladores internos y externos; y,
 - 30 • un agente de administración de red (53) que proporciona una interfaz para el control remoto y gestión del enchufe inteligente (1) por un administrador de red externa, y que notifica al administrador de operaciones o usuario a través de protocolos y procedimientos de gestión de red.
- 7.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de control (6) adicionalmente comprende al menos:
- 35 • un sistema operativo (61) que es la unidad básica de gestión de recursos del enchufe inteligente (1) administrando todos sus componentes y unidades;
 - un procesador de control (62) que ejecuta el sistema operativo (61) y unas aplicaciones de control;
 - una memoria interna de control (63) que almacena unos datos procedentes desde las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma y desde al menos un controlador externo;
 - 40 • una unidad de estadísticas (64) que almacena datos históricos seleccionados entre: utilización del enchufe inteligente, energía entregable disponible, registros de comando, y combinaciones de los mismos; y,
 - un administrador de dispositivos (65) que direcciona y comanda las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma.
- 45 8.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 7, caracterizado porque la unidad de control (6) adicionalmente comprende al menos:
- un controlador de puesta en marcha (66); y,

- un registrador de comandos y eventos (67).

5 9.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 4, caracterizado porque cuando el desacoplador electrónico de detección (32) funciona en modo analógico, el circuito de detección de energía (33) es un circuito electrónico analógico de estado sólido que comprende dispositivos semiconductores, reguladores de potencia y amplificadores comparadores, tal que dicho circuito de detección de potencia (33) calcula el consumo de potencia real del dispositivo externo conectado, y lo codifica en una forma de onda analógica de magnitud proporcional a la energía.

10 10.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 4, caracterizado porque cuando el desacoplador electrónico de detección (32) funciona en modo digital, el circuito de detección de energía (33) es un circuito electrónico digital, tal que dicho circuito de detección de energía (33) calcula el consumo de potencia real del aparato conectado y lo codifica en forma de una palabra binaria.

11.- Enchufe inteligente para uso doméstico e industrial en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de comando autónoma adicionalmente comprende:

- un puerto de conexión de líneas de potencia (7), tal que la conexión secundaria (C1-CN) que conecta el enchufe inteligente con al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA (CA1-CAN) es llevada a cabo por dicho puerto de conexión de líneas de potencia;
- una fuente de alimentación (8);
- un enchufe macho (9), tal que la conexión principal entre el enchufe inteligente y la línea de suministro principal de corriente alterna (CA0) es llevada a cabo mediante dicho enchufe macho;
- al menos un enchufe hembra (10), tal que donde cada conexión de aparato que conecta el enchufe inteligente con el dispositivo externo de consumo de potencia (G1-GM) es llevada a cabo mediante dicho enchufe hembra;
- una unidad de protección (11);
- unas líneas eléctricas (12) de interconexión de las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma; y,
- un puerto de comunicaciones (13), tal que la conexión de datos que conecta la unidad de comando autónoma con un controlador externo es llevada a cabo mediante dicho puerto de comunicaciones (13), y donde adicionalmente, dicho puerto de comunicaciones está seleccionado entre un puerto de comunicación por cable y un puerto de comunicación inalámbrico.

12.- Procedimiento de funcionamiento de un enchufe inteligente en redes eléctricas inteligentes, donde dicho enchufe inteligente está definido por cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque comprende:

- i) ejecutar un procedimiento de encendido según un esquema de operación denominado "modo encendido" (310), donde la unidad de comando autónoma (A) define al menos una rutina denominada "rutina de encendido" (310R) que inicializa todas las unidades comprendidas en la unidad de comando autónoma, una vez que dicha unidad de comando autónoma (A) ha sido conectada a la línea de suministro principal de corriente alterna CA (CA0), tal que la rutina de encendido proporciona unos parámetros de operación del enchufe;
- ii) ejecutar un procedimiento de calibración y autodiagnóstico según un esquema de operación denominado "modo calibración" (311) mediante el cual, la unidad de procesamiento de señal (2) y la unidad de control (6) definen y ejecutan al menos una denominada "rutina de calibración" (311R) para calibrar y medir el consumo de potencia del enchufe inteligente y una rutina para realizar auto-diagnóstico, tal que la unidad de comando autónoma conecta el enchufe inteligente con una red de suministro de corriente alterna seleccionada entre la línea de suministro principal de corriente alterna CA (CA0) y la al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA (CA1-CAN);
- iii) ejecutar un procedimiento de funcionamiento según un esquema de operación denominado "modo funcionamiento" (312) mediante el cual, la unidad de procesamiento de señal (2) y la unidad de control (6) de la unidad de comando autónoma (A) definen y ejecutan al menos una rutina denominada "rutina de funcionamiento" (312R) que lleva a cabo una selección de conmutación para que la unidad electrónica de conmutación (4) conecte cada uno de los dispositivos externos de consumo de potencia (G1-GM) a través del conjunto de conexiones de aparato (E1-EM) con una línea de suministro seleccionada entre la línea de suministro principal de corriente alterna CA (CA0) y la al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA (CA2-CAN); donde dicha selección de conmutación está basada en una información enviada a la unidad electrónica de conmutación (4) por la unidad de detección (3) y el controlador externo (F) a través de la conexión de datos (D) y de ahí a la unidad de comunicaciones (5).

13.- Procedimiento de funcionamiento de un enchufe inteligente en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 12, caracterizado porque adicionalmente comprende:

- iv) ejecutar un procedimiento de puesta en reposo según un esquema de operación denominado "modo standby" (313) definido por la ausencia de dispositivo externos de consumo conectados al enchufe inteligente; mediante dicho modo standby, la unidad de comando autónoma define y ejecuta al menos una rutina denominada "rutina de standby" (313R), mediante la cual se realizan secuencialmente las siguientes acciones: a) realizar periódicamente mediciones de potencias consumidas en las conexiones de aparato (E1-EM); b) generar una señal de indicación de cero potencia consumida de aparato cuando se detecte que la suma de los valores de dichas mediciones de potencia es igual a cero o está por debajo de un valor pre-establecido, indicando que no hay dispositivos externos de consumo de potencia (G1-GM) conectados al enchufe; c) informar a la unidad de control (6) y las otras unidades internas que componen la unidad de comando autónoma (A) que el enchufe operará en un modo de reposo; d) informar al controlador externo (F) vía la conexión de datos (D) que el enchufe ha entrado en un modo de reposo.; y,
- v) ejecutar un procedimiento de apagado según un esquema de operación denominado "modo apagado" (314) que detiene todos los procesos activos y acciones de control y desconecta la unidad de comando autónoma del controlador externo (F), cuando el enchufe está conectado, activado y se han completado las rutinas de calibración y autodiagnóstico y está operando en el modo funcionamiento o el modo standby; mediante dicho modo apagado, la unidad de comando autónoma define y ejecuta al menos una rutina denominada "rutina de apagado" (314R), mediante la cual se realizan secuencialmente las siguientes acciones: a) detectar un comando de apagado proveniente del controlador externo (F) o por acción directa del usuario sobre el enchufe inteligente; b) enviar al controlador externo (F) los valores de operación y estadísticas almacenados en memoria; c) finalizar la conexión entre la unidad de comando autónoma (A) y el controlador externo (F); d) detener el funcionamiento de todos los componentes de la unidad de comando autónoma (A); f) detener el sistema operativo (61); y, g) retirar la alimentación eléctrica a todos los circuitos internos del enchufe inteligente.

14.- Procedimiento de funcionamiento de un enchufe inteligente en redes eléctricas inteligentes según la reivindicación 12, caracterizado porque:

- la "rutina de encendido" (310R) comprende: a) detectar el suministro de energía al enchufe vía la conexión principal (B); b) energizar los circuitos internos; c) cargar el sistema operativo (61); d) inicializar los otros componentes de la unidad de control (6) y las otras unidades internas que componen la unidad de comando autónoma (A); e) conectar la unidad de comando autónoma (A) con el controlador externo (F) vía la conexión de datos (D); f) iniciar el intercambio de datos entre la unidad de comando autónoma (A) y el controlador externo (F) para obtener parámetros de operación del enchufe; g) cargar dichos parámetros en las memorias internas de los distintos componentes de la unidad de comando autónoma (A) para iniciar la operación del enchufe;
- la "rutina de calibración" (311R) comprende: a) cargar en memoria volátil tipo RAM el valor de referencia de consumo de potencia del enchufe inteligente sin carga previamente almacenado en una memoria no volátil tipo ROM; b) medir el consumo de potencia real del enchufe inteligente por medio del circuito de detección conectado a la fuente de alimentación (8); c) comparar el valor de referencia de consumo de potencia y el consumo de potencia real del enchufe inteligente por medio de una unidad lógica interna, generando así un valor diferencia, u offset; d) almacenar en memoria y transferir al procesador de señal digital (22) dicho valor de offset; e) ejecutar algoritmo de selección de red de alimentación tomando como parámetros de entrada dicho valor de offset, el consumo de potencia medido, y los valores de energías disponibles y entregables por cada una de las líneas de suministro de CA disponibles en la instalación; f) generar identificador de red seleccionada; g) informar a la unidad de calibración y auto-diagnóstico (24) si la rutina de calibración se ha completado exitosamente o no basado en un identificador binario de costo; h) finalizar la rutina de calibración cuando el indicador binario de costo tenga un valor positivo previamente definido por el diseñador e informado a la unidad de control (6), para iniciar el modo de funcionamiento del enchufe inteligente, o i) iniciar otro ciclo de corrección y compensación para terminar el modo de calibración, hasta que el indicador binario de costo sea un número positivo, a fin de lograr una adecuada calibración, informando así a la unidad de control (6) y abandonando el modo de calibración;
- la "rutina de funcionamiento" (312R) adicionalmente comprende: a) medir el consumo de potencia del dispositivo externo de consumo de potencia (G1-GM); b) comparar dicho valor de consumo de potencia con las energías disponibles y entregables promedio de la línea de suministro principal de corriente alterna CA (CA0) y las de las al menos una línea de suministro secundaria de corriente alterna CA (CA2-CAN); c) ejecutar un algoritmo de selección de mejor red de alimentación servidora; d) realizar los análisis de costos energéticos usando funciones de valor de costo provistas al enchufe por el controlador externo e incorporar los resultados de dichos análisis en la decisión de selección de red; e) seleccionar la mejor red de alimentación servidora; f) informar de la decisión a la unidad de control (6) y la unidad de procesamiento de señal (2); y, g) realizar la conmutación a la línea de suministro de corriente alterna CA correspondiente a la red seleccionada.

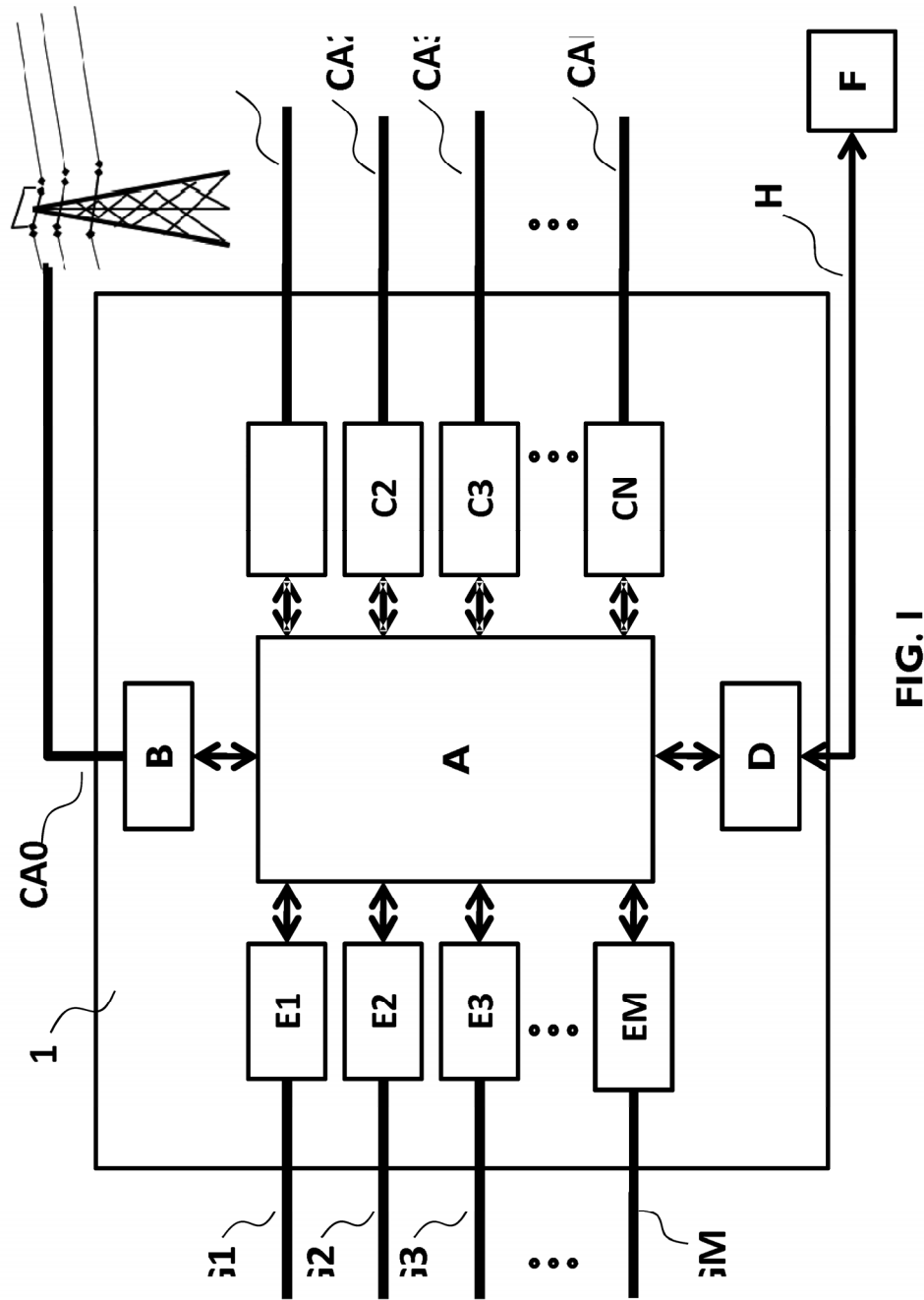
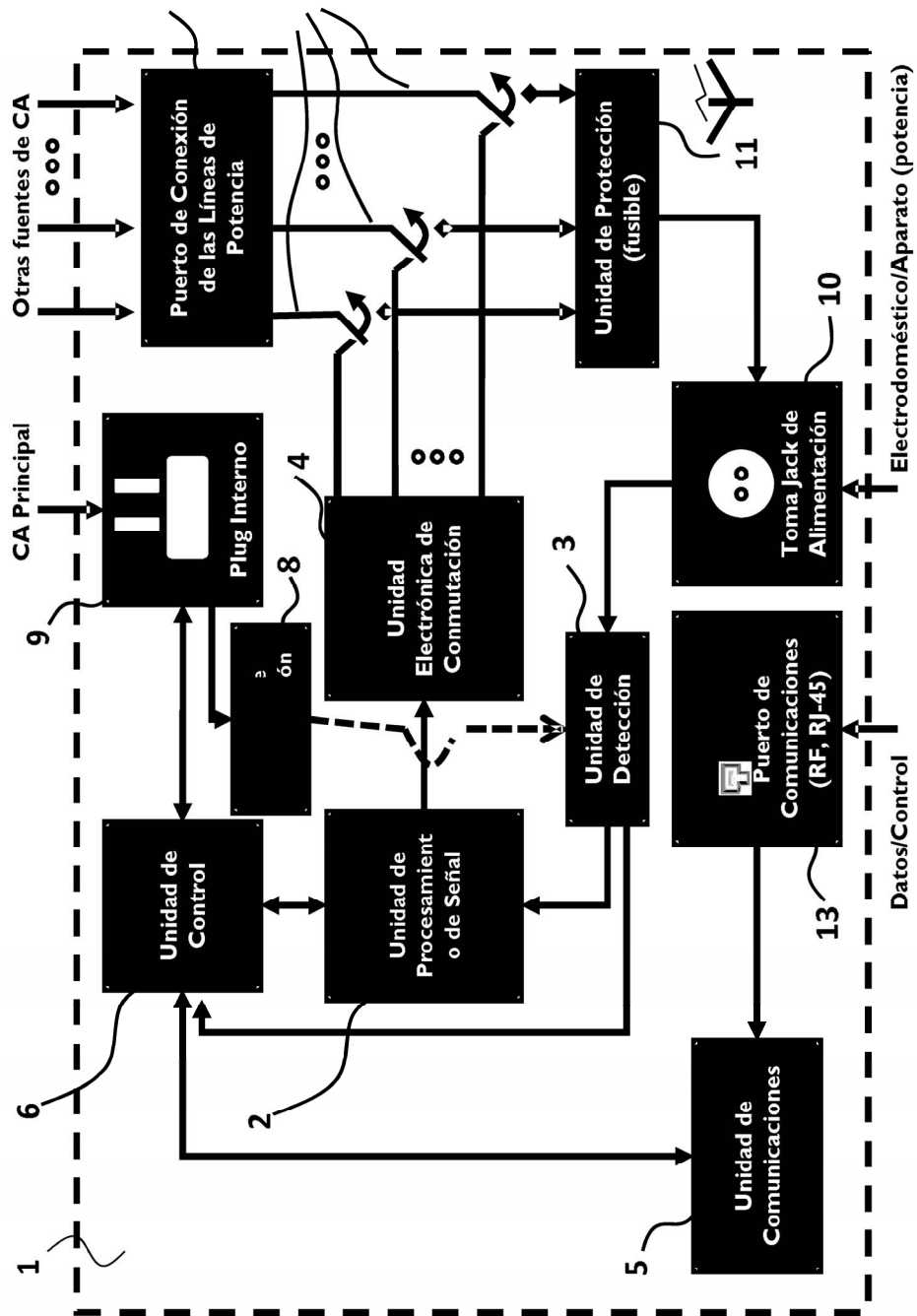


FIG. 1



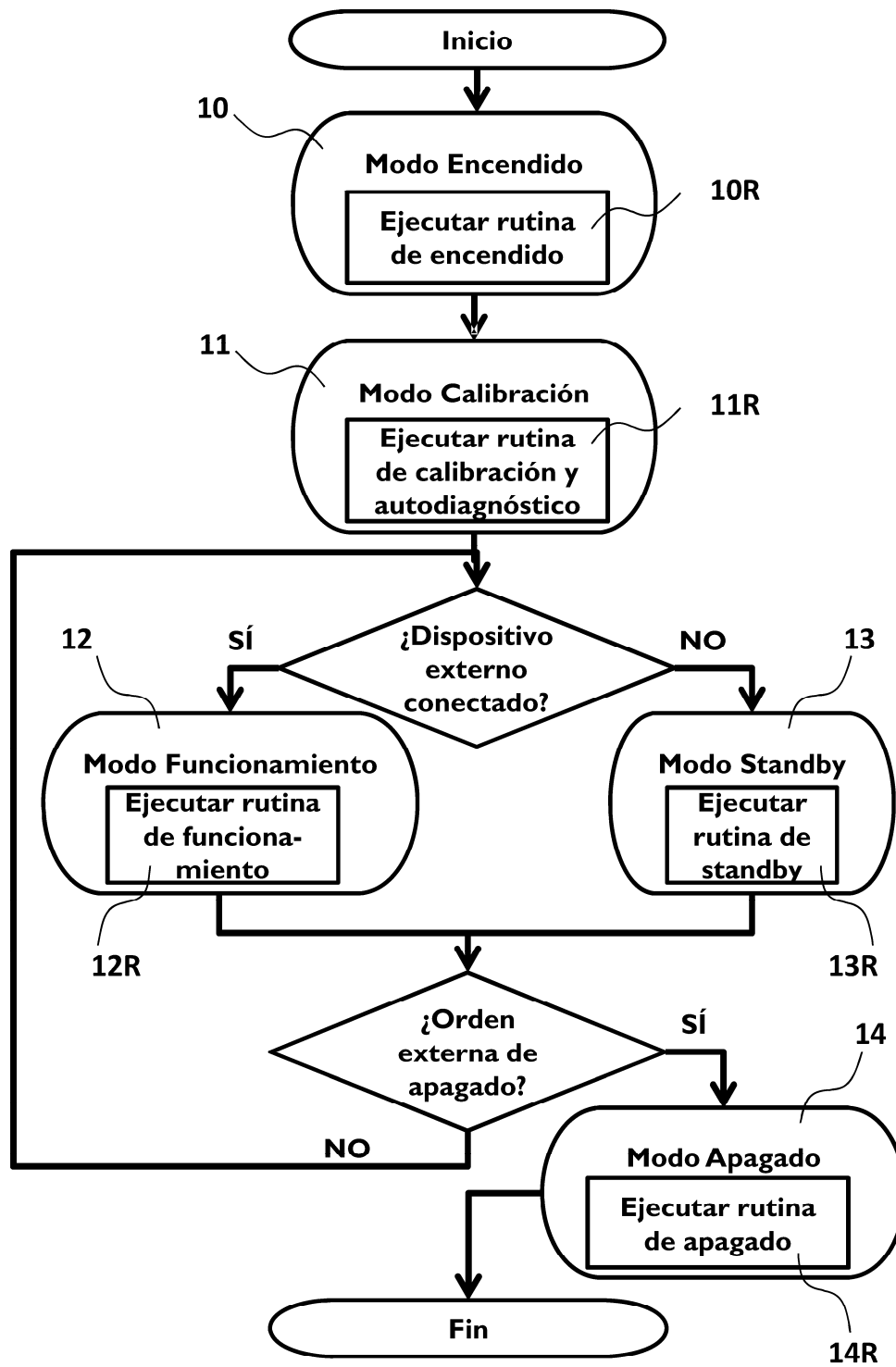


FIG. 3

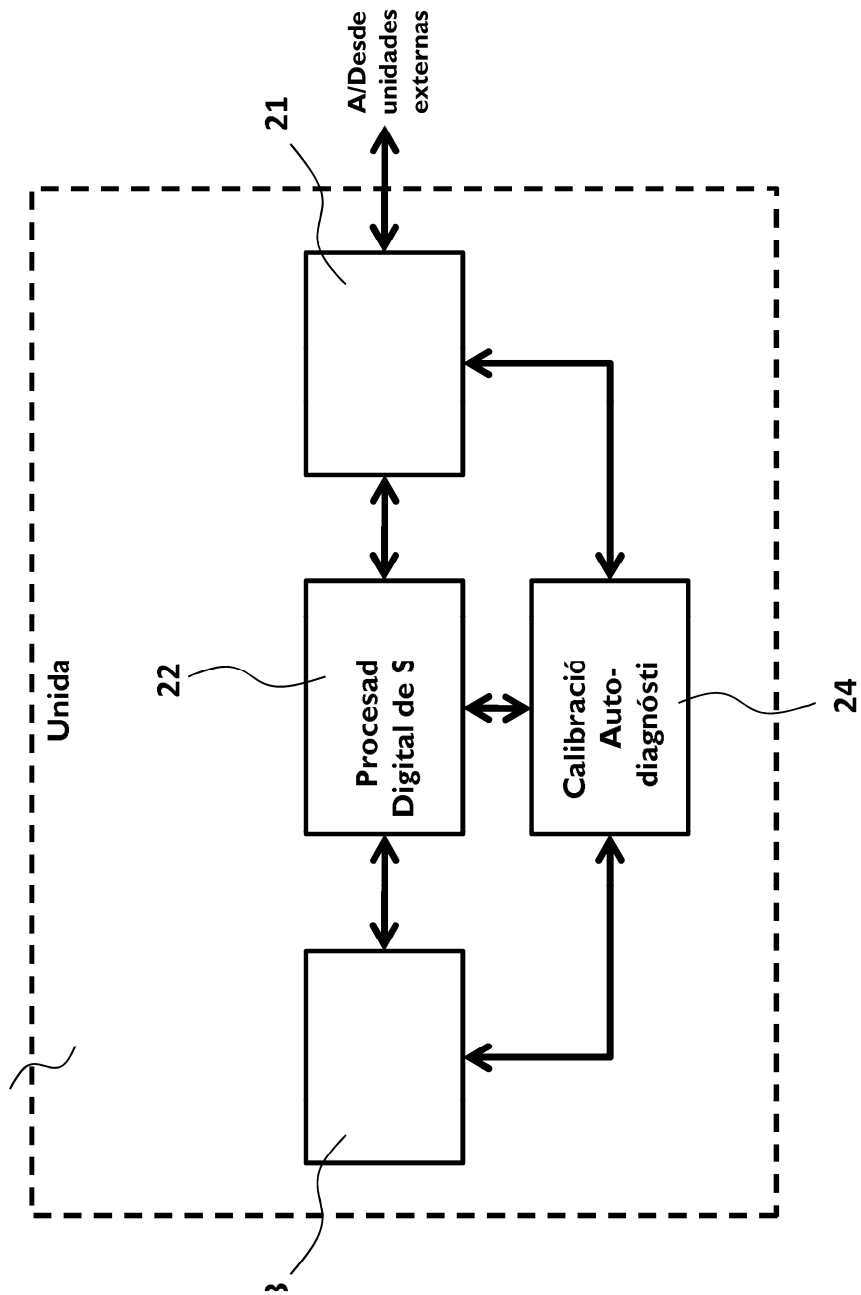
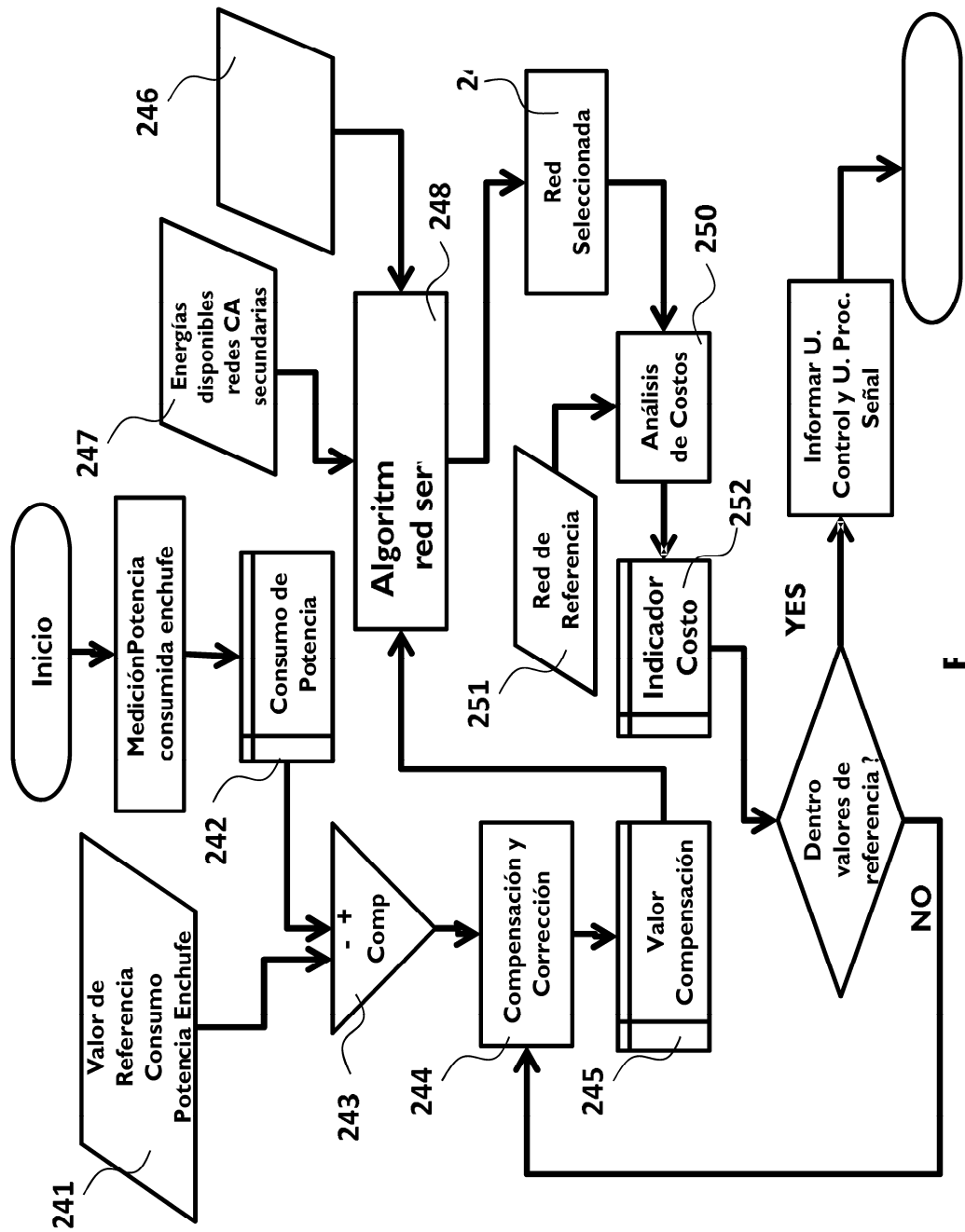


FIG. 4



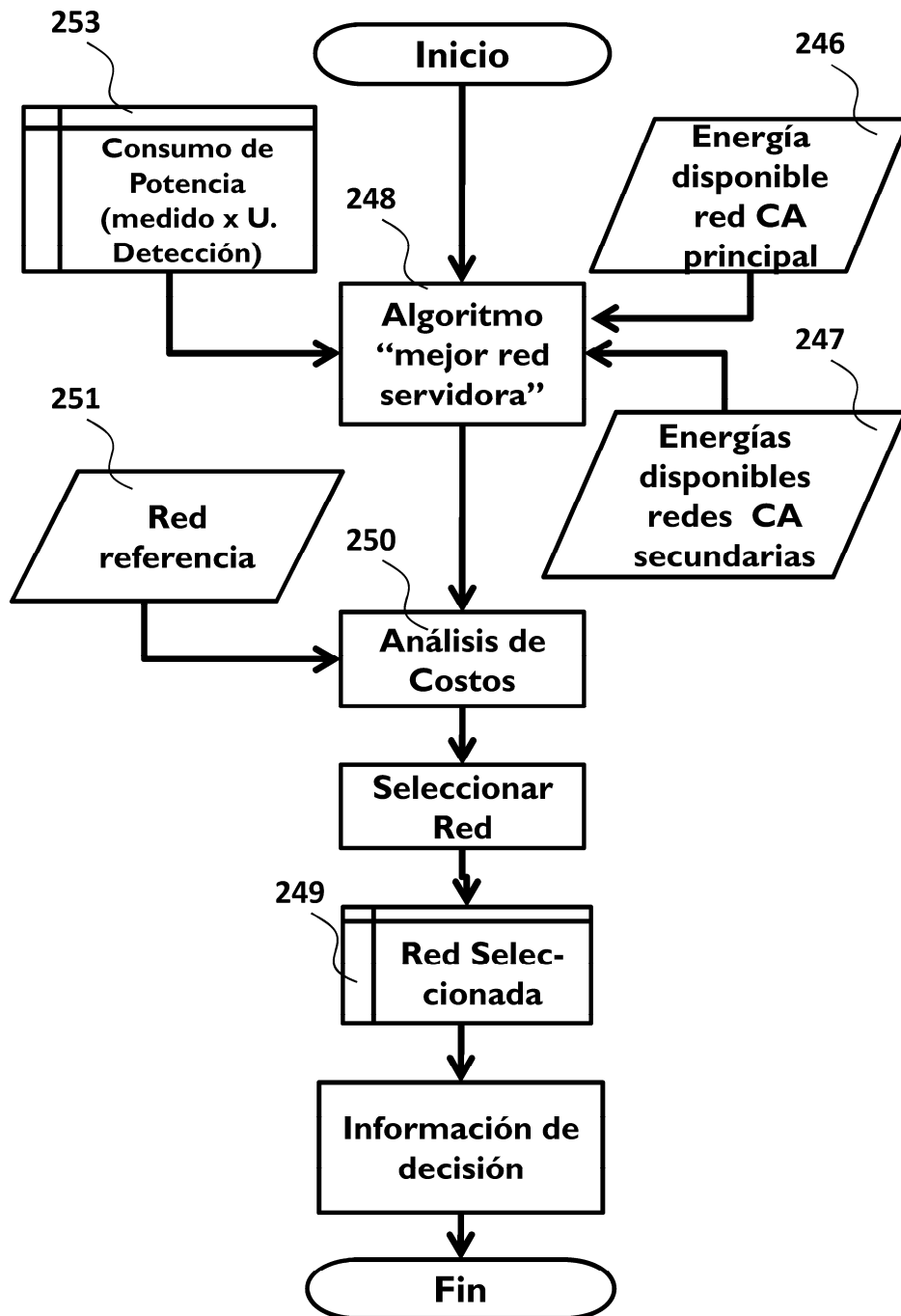


FIG. 6

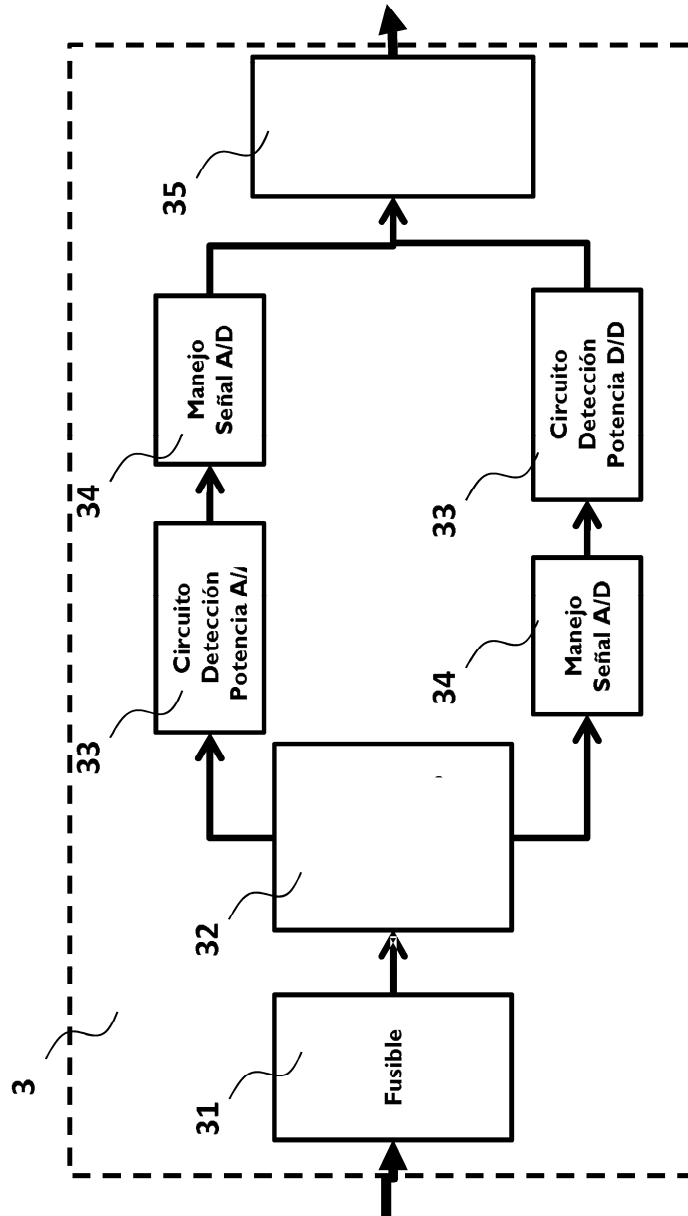


FIG. 7

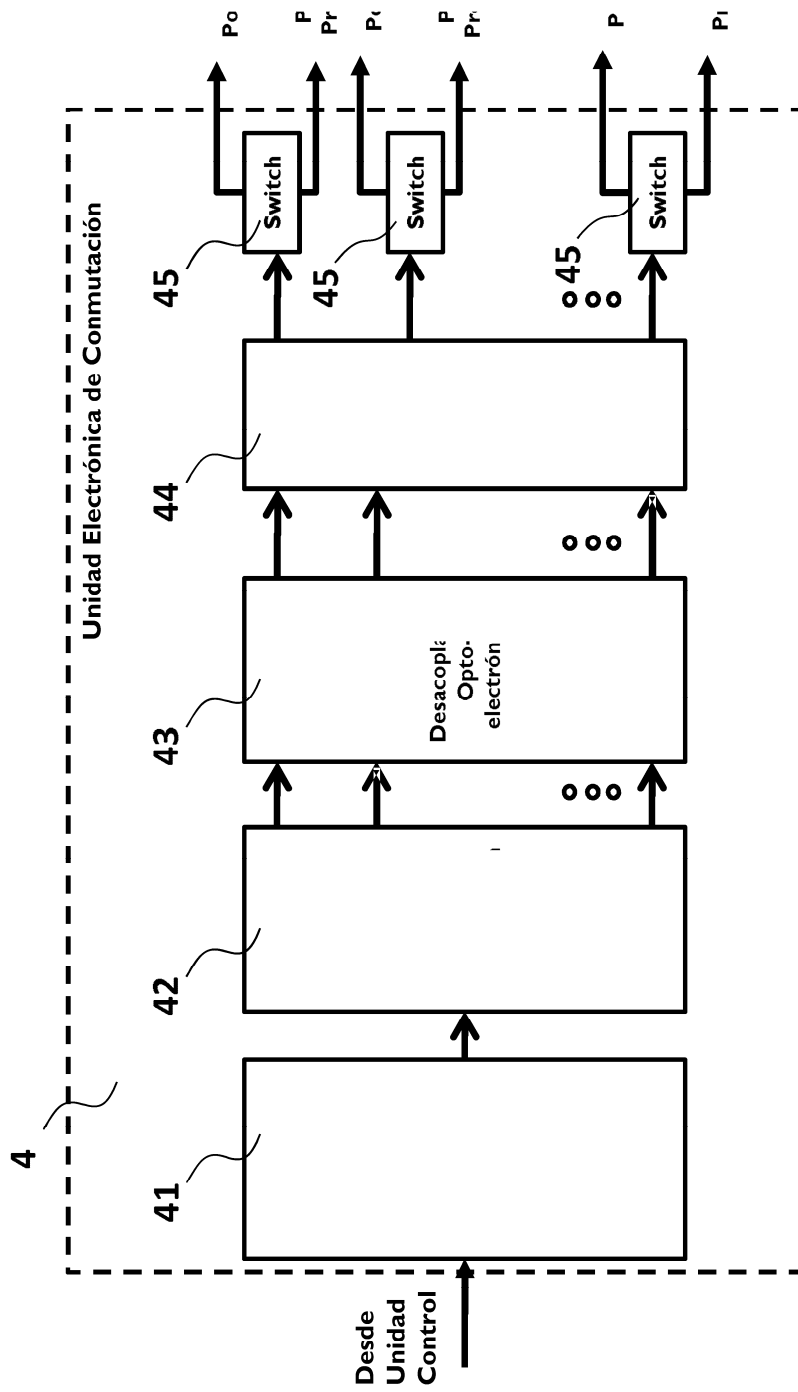


FIG. 8

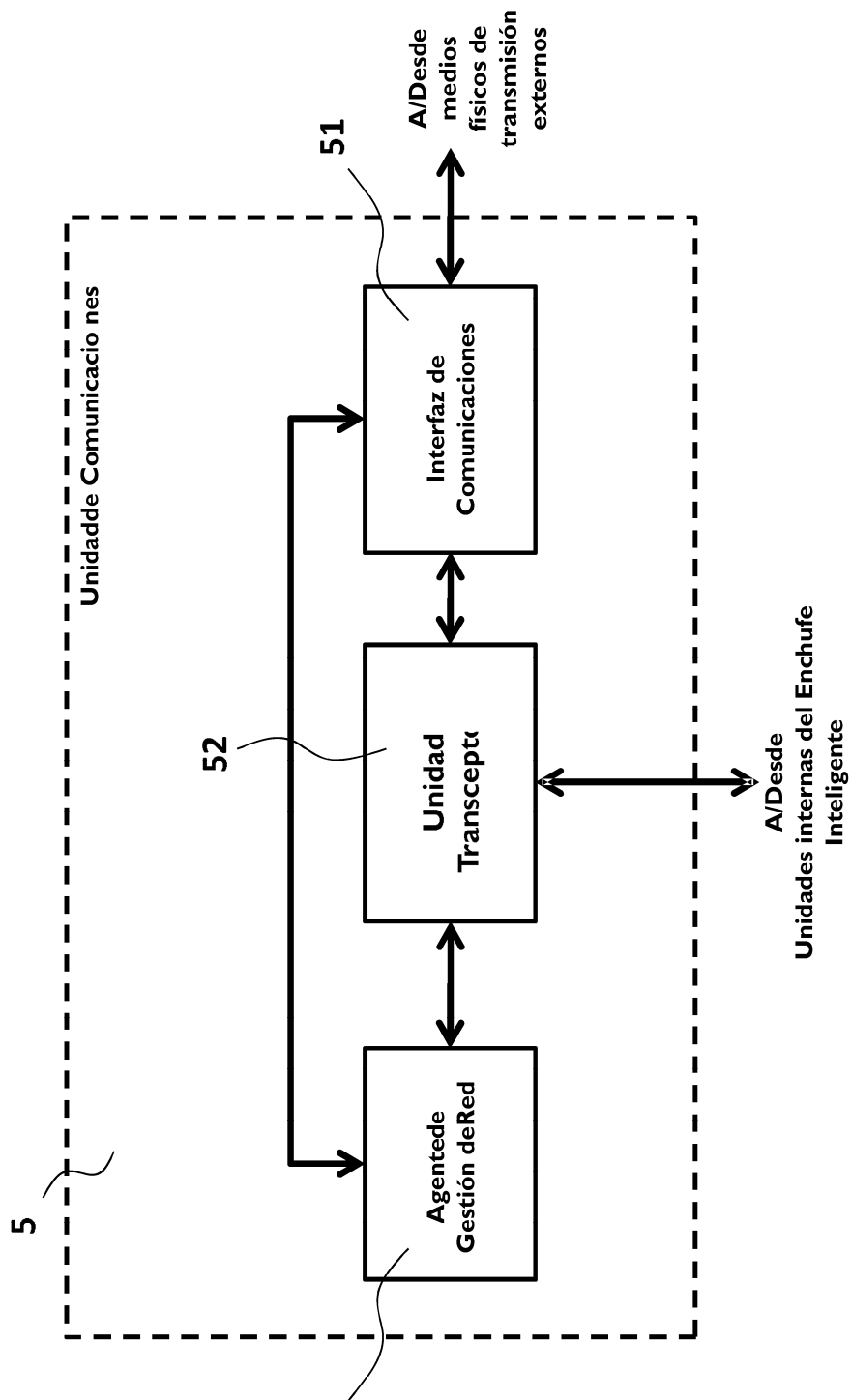


FIG. 9

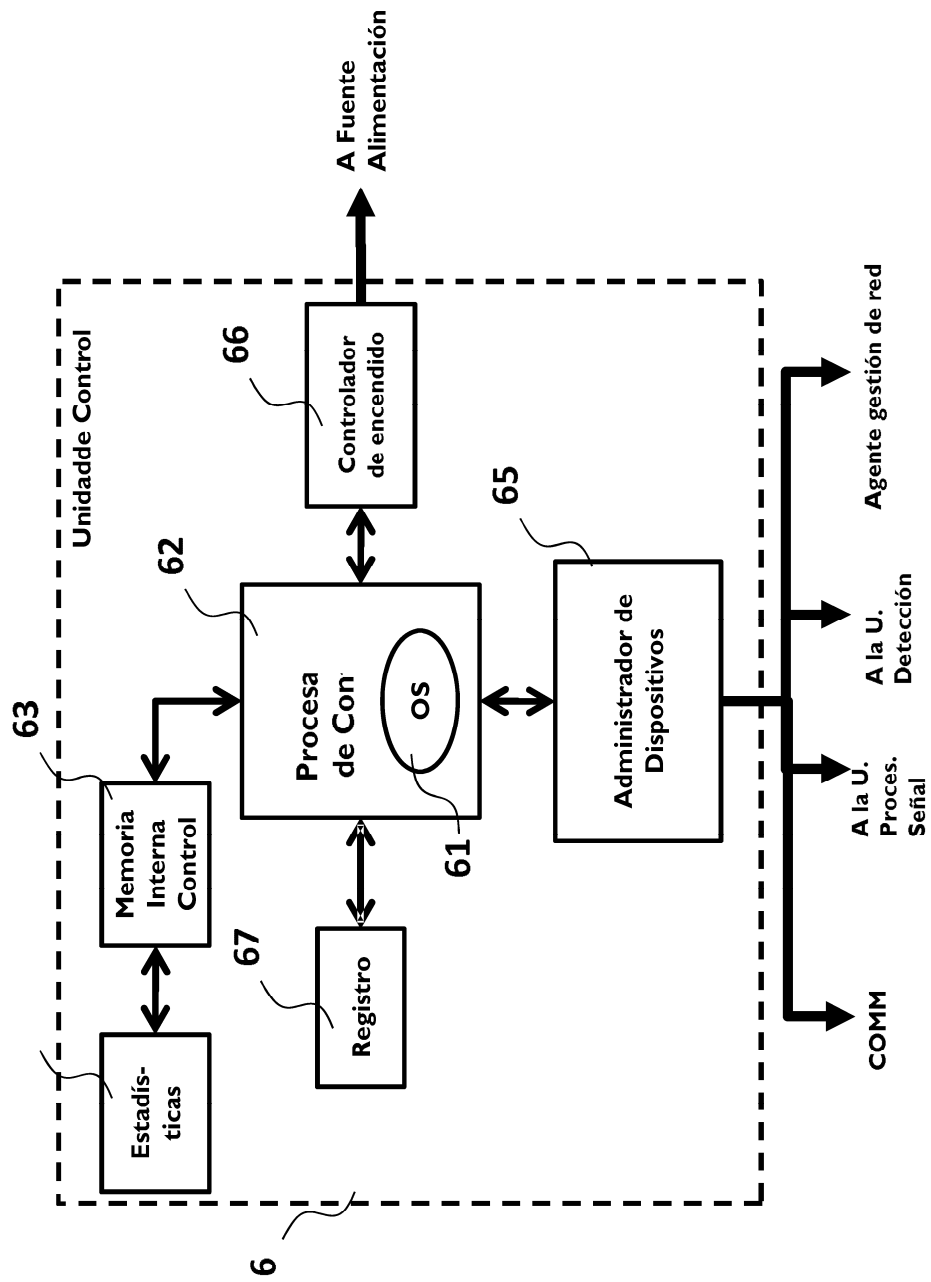


FIG. 10